

# **Verfahrenstechnische Lösungen für die Milchproduktion bei standortferner Futterstroherzeugung**

## **D I S S E R T A T I O N**

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor rerum agriculturum

(Dr. rer. agr.)

Eingereicht an der  
Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät  
der Humboldt-Universität zu Berlin

Von  
Dipl. agr.-ing. Mulaw Gebreselassie  
geboren am 08. 01. 1968 in Asmara

Präsident  
der Humboldt Universität zu Berlin:  
Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Dekan der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät  
Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Ernst Lindemann

Gutachter:    1. Prof. Dr. sc. Otto Kaufmann  
                  2. Prof. Dr. Samouil Moussa  
                  3. Dr. agr. Lutz Hasselmann

Eingereicht am:                    10. 10. 2000  
Datum der mündlichen Prüfung:    13. 12. 2000

**Meinem Got gebührt die größte Ehre.**

**Ich widme diese Arbeit:**

- *meiner Familie*  
*für ihr Verständnis, daß eine solche Arbeit viel Zeit braucht*
- *meinem großen Lehrer Prof. Dr. sc. Otto Kaufmann*  
*für seinen prägenden Einfluß auf meine berufliche wie persönliche Entwicklung*

# ***INHALTSVERZEICHNIS***

<b>VERZEICHNIS DER VERWENDETEN SYMBOLE UND ABKÜRZUNGEN .....</b>	<b>5</b>
<b>VERZEICHNIS DER TABELLEN.....</b>	<b>7</b>
<b>VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN .....</b>	<b>9</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>11</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>12</b>
<b>1     PROBLEM.....</b>	<b>13</b>
<b>2     AUFGABENSTELLUNG.....</b>	<b>16</b>
<b>3     ERKENNTNISSTAND .....</b>	<b>18</b>
3.1   Verfahrensanalyse .....	18
3.2   Verfahren der Milchproduktion unter Berücksichtigung der Bedingungen arider und semiarider Gebiete .....	18
3.2.1     Haltungsverfahren .....	19
3.2.2     Fütterungsverfahren.....	27
3.2.3     Milchgewinnungsverfahren.....	32
3.2.4     Entmistungsverfahren.....	33
3.2.5     Management und Tierpflege .....	33
3.3   Verfahren der Futterstrohbereitstellung .....	35
3.3.1     Strohernte .....	39
3.3.2     Transport und Umschlag von Stroh .....	42
3.3.3     Strohlagerung .....	45
3.4   Futterwerterhöhung von Stroh .....	46
3.4.1     Einfluß der mechanischen Strohbehandlung.....	48
3.4.2     Einfluß der chemischen Strohbehandlung.....	49
3.4.2.1        Aufschlußverfahren mit Harnstoff .....	52
3.4.2.2        Futterwert des Aufschlußstrohs und Einsatzmöglichkeiten in der Rinderfütterung .....	56
3.5   Gestaltung angepaßter Futterrationen für Milchkühe auf Strohbasis .....	57
3.6   Bewertung der Futterstrohbereitstellung.....	58

<b>4</b>	<b>MATERIAL UND METHODE .....</b>	<b>60</b>
4.1	Analyse der Verfahren der Milchproduktion unter Berücksichtigung der Bedingungen arider und semiariden Gebiete .....	63
4.1.1	Haltungsverfahren .....	63
4.1.2	Fütterungsverfahren.....	63
4.1.3	Milchgewinnungsverfahren.....	64
4.1.4	Entmistungsverfahren.....	64
4.1.5	Management und Tierpflege .....	65
4.2	Analyse der gegenwärtigen Futterstrohbereitstellung.....	65
4.3	Nährstoffanalyse der gegenwärtigen Futterrationen .....	66
4.4	Optimierung der Verfahren der Futterstrohbereitstellung .....	66
4.4.1	Optimierung der Strohernte.....	67
4.4.2	Optimierung des Strohtransportes einschließlich Umschlag und Lagerung.....	68
4.4.3	Futterwerterhöhung der im Stroh enthaltenen Inhaltsstoffe .....	69
4.5	Gestaltung angepaßter Futterrationen für Milchkühe .....	69
4.6	Bewertung der Futterstrohbereitstellung.....	70
<b>5</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>71</b>
5.1	Analyseergebnisse der Verfahren der Milchproduktion .....	71
5.1.1	Haltungsverfahren .....	71
5.1.2	Fütterungsverfahren.....	75
5.1.3	Milchgewinnungsverfahren.....	80
5.1.4	Entmistungsverfahren.....	81
5.1.5	Management und Tierpflege .....	81
5.2	Analysenergebnisse der Verfahren der gegenwärtigen Futterstrohbereitstellung.....	82
5.2.1	Strohernte .....	82
5.2.2	Strohtransport, Umschlag sowie Lagerung .....	85
5.3	Nährstoffanalyse der gegenwärtigen Futterrationen .....	89
5.4	Optimierung der Verfahren der Strohbereitstellung .....	90
5.4.1	Optimierung der Strohernte.....	91
5.4.2	Optimierung des Strohtransportes, des Umschlages sowie der Lagerung.....	95
5.5	Strohaufschluß mit Harnstoff.....	99

5.6	Gestaltung angepaßter Futterrationen für Milchkühe auf Strohbasis .....	101
5.6.1	Futterrationen auf der Basis von chemisch behandeltem Stroh.....	101
5.7	Bewertung der Futterstrohbereitstellung.....	102
<b>6</b>	<b>DISKUSSION DER ERGEBNISSE .....</b>	<b>108</b>
6.1	Zu den gegenwärtigen Verfahren der Milchproduktion .....	108
6.2	Zur Optimierung der Futterstrohbereitstellung .....	113
6.3	Zum Nährstoffgehalt der gegenwärtigen Futterrationen.....	116
6.4	Zur Futterwerterhöhung der im Stroh enthaltenen Inhaltstoffe .....	117
6.5	Zur Gestaltung angepaßter Futterrationen .....	119
6.6	Zur Bewertung der Futterstrohbereitstellung .....	120
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUßFOLGERUNGEN.....</b>	<b>122</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>125</b>
	<b>ANHANG.....</b>	<b>133</b>
	<b>SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG .....</b>	<b>146</b>
	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>147</b>

## *Verzeichnis der verwendeten Symbole und Abkürzungen*

Abkal.	Abkalbung
ad lib	Ad libitum
AK	Arbeitskraft
ap	ante partum
BU Milch	bakterielle Untersuchung der Milch
°C	Grad Celcius
d	Tag
D3	Vitamin D3
DLG	Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft
DM	Deutsche Mark
g	Gramm
GJ	Gigajoule
ha	Hektar
HD	Hochdruck
HDB	Hochdruckballen
HFT	Hohenheimer Futterwerttest
HS	Harnstoff
IE	internationale Einheit
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
KW	Kilowatt
LKW	Lastkraftwagen
LM	Lebendmasse
MJ	Megajoule
MP-Anlage	Milchproduktionsanlage
MWh	Megawattstunde
N	Stickstoff
n	Anzahl
NEL	Netto Energie Laktation
NPN	nicht Eiweiß Stickstoff
Pelletiermasch.	Pelletiermaschine
QG	Quadergroß
QGB	Quadergroßballen

r	Regression
RH	relative Humidity (relative Feuchtigkeit)
s	Sekunde
T I & T II	Trockensteher 1. & 2. Phase
t	Tonne
TE	Transporteinheit
THI	Temperature Humidity-Index (Temperatur-Luftfeuchtigkeit-Kennzahl)
tkm/h	Tonnenkilometer pro Stunde
TMR	totale Mischration
TS	Trockensubstanz
UT	Umgebungstemperatur

## VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tabelle 1	Erforderliche Einteilung von Funktionsbereichen in der Milchproduktion in größeren Beständen (Kaufmann, 1998)
Tabelle 2	Angaben zu Freßplatzbreite und Schattendach für die Kälber- und Jungrinder- aufzucht unter semiariden Bedingungen
Tabelle 3	Angaben zur Freßplatzbreite bei der Kälber- und Jungrinderaufzucht unter ge- mäßigten Klimatischen Bedingungen
Tabelle 4	Temperatur-Luftfeuchtigkeit-Kennzahl (THI) von ausgewählten Regionen
Tabelle 5	Effekte tropischer Klimakomplexe auf die Milchproduktion von Holstein- und Jerseykühen (Johnson, 1991)
Tabelle 6	Relative Veränderungen des Erhaltungsbedarfs, der TS- und Tränkwasser- Aufnahme einer Kuh mit 600 kg LM, sowie 27 l Milchleistung mit 3,7 Fett in verschiedenen Umwelttemperaturen (West, 1987)
Tabelle 7	Leitlinien des Laktationsmanagements (Kaufmann, 1998)
Tabelle 8	Kostenvergleich für stationäre und selbstfahrende Maschinen zur Stroh pelle- tierung
Tabelle 9	Summe der Teilkosten für die verschiedenen Verfahrensketten der Futterstroh- bereitstellung (Hartmann und Strehler, 1995)
Tabelle 10	Vergleich der Lagerung von Ballen unterschiedlicher Dichte im Typen-Berge- raum 54 x 18 x 6 (nach Hänel und Marx, 1990)
Tabelle 11	Charakterisierung chemischer Behandlungsverfahren bei Stroh unter tropischen und subtropischen Bedingungen (LEGEL, 1999)
Tabelle 12	Wichtige Kriterien und Werte beim feuchten Strohaufschluß mit Harnstoff (nach Jeroch, Flachowski und Weißbach, 1993)
Tabelle 13	Die Temperaturverteilung über das Jahr
Tabelle 14	Berechnungsgrundlage der Simulationsrechnungen
Tabelle 15	Die Haltungsbereiche im Untersuchungsbetrieb
Tabelle 16	Aufschlüsselung der in Abbildung 14 angegebenen Haltungsgruppen (Num- mern) und die Erfassung des Herdenbestandes zur Zeit der Analyse
Tabelle 17	Die Entwicklung der durchschnittlichen Jahresleistung der über 5 Laktationen im Bestand verbliebenen Kühe
Tabelle 18	Erfassung des Leistungspotentials im Untersuchungsbetrieb zur Zeit der Ana- lyse (n = 95 Tiere)
Tabelle 19	Aufteilung der betriebseigenen Fläche am Milchproduktionsstandort
Tabelle 20	Betriebliche Kalkulation über den Nährstoffeinsatz und dessen Kosten
Tabelle 21	Komponenten des Grobfutters, ihr Anteil, Quelle und Preise



Tabelle 22	Komponenten des Konzentratfutters, ihr Anteil an der Gesamtration, ihre Quelle und Preise
Tabelle 23	Kalkulation des Wasserverbrauchs der melkenden Kühe
Tabelle 24	Gestaltung der Futterrationen für die jeweiligen Haltungsgruppen
Tabelle 25	Zusammensetzung der Anschaffungskosten für Maschinen in der Häcksellinie einschließlich Betriebsstoffe und Reparaturen
Tabelle 26	Ermittlung der Arbeitskosten in der Häcksellinie (bezogen auf 400 t Gesamtmasse)
Tabelle 27	Leistungsangaben der häufig benutzten Transportzüge
Tabelle 28	Kostenermittlung des Transportverfahrens von Häckselstroh einschließlich der Verfahren der Be- und Entladung (Umschlag) sowie der Lagerung
Tabelle 29	Gesamte Verfahrenskosten des fütterungsbereiten Häckselstrohs (bezogen auf die Gesamtmenge von 400 t).
Tabelle 30	Nährstoffwerte der analysierten Komponenten von Grob- und Kraftfutter in vergleichbaren DLG-Futtermitteltabellen, (n=7)
Tabelle 31	Analysenwerte des mit 4%igem Harnstoff behandelten Stroh im Vergleich zum unbehandelten Häckselstroh
Tabelle 32	Analytische Ergebnisse zur Auswirkung unterschiedlicher Harnstoffkonzentration bei der Strohbehandlung auf Rohproteingehalt, Verdaulichkeit der organischen Substanz und Energiekonzentration
Tabelle 33	Angepaßte Tagesfutterration für laktierende und trockenstehende Kühe (LM = 650 kg) unter den Bedingungen der ariden und semiariden Gebieten
Tabelle 34	Vergleich der Strohkompaktierungsverfahren anhand ausgewählter Bewertungskriterien (Nach Achilles, 1984; Hartmann und Strehler, 1995; Hempel, Fürll, und Gläser, 1996)
Tabelle 35	Ökonomische Bewertung bei verschiedenen Linien der Strohbereitstellung in DM für 400 Tonnen Stroh bzw. 160 ha Erntefläche (nach Eggert, 1984; Hartmann, 1995 und KTBL, 1998: Makost 2 für Windows)
Tabelle 36	Bewertung der Strohbereitstellungsverfahren anhand der erforderlichen Transporteinheiten und Dieselmotormengen (für 400 t Stroh)
Tabelle 37	Gesamtenergiebedarf zur Bereitstellung von 400 t über verschiedenen Kompaktierungslinien (Nach WINTZER et al., 1993; Scholz und Kaulfuß, 1995)
Tabelle 38	Rangfolgebestimmung als Voraussetzung zur Auswahl von Vorzugslösung
Tabelle 39	Auswertung der Analysenergebnisse der Milchproduktionsverfahren

## VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abbildung 1	Verbrennung von überschüssigem Getreidestroh auf dem Acker in den entfernten Ackerbaugebieten
Abbildung 2	Darstellung der Entfernung (800 km) zwischen dem Milchproduktionsbetrieb und der Aufkommensfläche für Futterstroh des Untersuchungsbetriebes
Abbildung 3	Rahmenbedingungen für die marktnahe Milchproduktion bei standortferner Futtererzeugung
Abbildung 4	Lösungsansätze
Abbildung 5	Regression von Milchleistung, Rektaltemperatur und Futteraufnahme im Bezug auf THI überthermoneutraler Verhältnissen (mehrere Temperatur-Luftfeuchtigkeitsangaben)
Abbildung 6	Anordnung von Ventilator und Sprinkler im Stall (Chung et al, 1997)
Abbildung 7	Abschnitt der logistischen Kette für die Futterstrohbereitstellung (Prozeßfolge nach Hahn und Fürll, 1995)
Abbildung 8	Mittlere Lagerungsdichten unterschiedlicher Ernteformen von Getreidestroh (nach Achilles, 1984 Hartmann, 1995, und Fürll, Gläser und Hempel, 1996)
Abbildung 9	Auslastung der zulässigen Nutzlast von Straßentransportfahrzeugen bei unterschiedlichen Ernteformen für Getreidestroh. (nach Hartmann, 1995)
Abbildung 10	Möglichkeiten der Strohaufbereitung für Futterzwecke (nach Kreuz, 1974 und Perwanger, 1983)
Abbildung 11	Verfahrenskette des Strohaufschlusses
Abbildung 12	Die Einflußfaktoren auf die Rationsgestaltung in den heißen Klimagebieten
Abbildung 13	Klimatische Verhältnisse am Standort der Milchproduktion
Abbildung 14	Haltungs- und Funktionsbereiche des Untersuchungsbetriebes, Grundriss-Skizze
Abbildung 15	Maschinenkette in der Häcksellinie (Traktor-Häcksler-Anhänger)
Abbildung 16	Transport des Häckselguts zum Feldrand (Anhänger beim Abkippen)
Abbildung 17	Ein Lkw im Einsatz des Strohtransports, eine nicht seltene Art der Überladung
Abbildung 18	Transport von gesacktem Häckselstroh
Abbildung 19	Notwendige Maschinenketten im Strohbereitstellungsprozeß im feldnahen Einsatz (Strohernte – Zwischenlagerung am Feldrand)
Abbildung 20	Notwendige Maschinenketten im Strohbereitstellungsprozeß vom Zwischenlager (feldnähe) bis zum Verbrauchsort Einsatz (Zwischenlager - Endlager)
Abbildung 21	Transportleistung bei einer Gesamttransportmenge von 400 t (Bemessungsgrundlagen gem. Tabelle 14)

Abbildung 22	Kraftstoffverbrauch für die Beförderung von 400 t in Abhängigkeit von Dichte und Ladevolumen (Bemessungsgrundlagen gem. Tabelle 14)
Abbildung 23	Transportierte Futterenergie in Abhängigkeit von Dichte und Ladevolumen (Bemessungsgrundlagen gem. Tabelle 14)
Abbildung 24	Entwicklung der Strohaufnahme nach dessen Behandlung mit Harnstoff
Abbildung 25	Potentielle Lademasse mit unterschiedlich kompaktiertem Stroh (VL = 100 m <sup>3</sup> und Nutzlastgrenze von 25 t) (Nach Achilles, 1984; Fürll, Gläser, und Hempel, 1996)

## *ZUSAMMENFASSUNG*

Aus gegebenen klimatischen Gründen sind viele Milchviehbetriebe in Syrien gezwungen, Grobfutter aus weit entfernten Ackerbaugebieten heran zu transportieren. Im Falle des in dieser Arbeit beschriebenen Untersuchungsbetriebes werden jährlich etwa 400 Tonnen Futterstroh aus dem ca. 800 km entfernten Ackerbaugebiet herantransportiert. In dem Untersuchungsbetrieb stellt Stroh über 80% des Grobfutters dar. Gegenwärtig wird das Stroh gehäckselt und in Plastik-Säcke gefüllt; dennoch werden die eingesetzten Transportzüge nur zu 45% ausgelastet.

Die Kosten der Kompaktierung und des Transports aus den Getreideanbaugebieten in die Milchviehbetriebe bestimmen im Wesentlichen die Kosten für das Stroh. Aus diesem Grunde konzentrierten sich die Untersuchungen darauf, in welchem Maße durch unterschiedliche Behandlungsmethoden von Stroh dessen Einsatzmöglichkeiten in der Milchviehfütterung verbessert, die Transportaufwendungen reduziert und die Umwelt durch verringerten Treibstoffverbrauch entlastet werden können. Untersucht wurden die Möglichkeiten zur Erhöhung der Transportleistung und zur Senkung der Aufwendungen bei gleichzeitiger Sicherung der Futterqualität, die insbesondere durch die mechanische und chemische Behandlung des Strohs erzielt werden können.

Anhand der mechanischen und chemischen Behandlung von Stroh wurden die Möglichkeiten der Futterwerterhöhung des Strohs sowie eine angepaßte Rationsgestaltung durchgeführt. Dabei erweist sich die Quaderballenlinie als das optimale Verfahren, das durch die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs für den Transport die CO<sub>2</sub>-Emission um 46% pro Jahr senkt. Die Strohbehandlung durch Zusatz von 4% Harnstoff und 50% Wasser (bezogen auf die Trockensubstanzmenge des Strohs) stellt eine optimale Lösung dar. Aufgrund dessen sollte der Anteil von Aufschlußstroh in der täglichen Ration auf 5 bis 8 kg TS / Kuh u. Tag (abhängig vom Laktationsstadium) erhöht werden.

Die Effekte der Quadergroßballen und der anschließenden Harnstoffbehandlung am Verbrauchsort bringen dem Betrieb eine finanzielle Entlastung von 13% seiner Jahresausgaben für Futtermittel.

## *SUMMARY*

Due to the unfavourable climatic conditions for forage production, dairy farms around Damascus (Syria) are forced to transport straw from far crop growing regions. The dairy farm covered in this study needs about 400 tonnes of straw to be used as feed which has to be transported from a distance of around 800 km. In the study farm straw covers more than 80% of the forage feed provided. At present the straw is chopped and is being transported in plastic sacks utilising only 45 % of the capacity of the trucks. This indicates the need for improvement in truck utilisation through optimisation process such as compacting.

The cost of straw is mainly influenced by the cost of compacting and transporting the straw from crop producing regions to the dairy farms located at up to 800 km away from the production centre.

This study was therefore undertaken to evaluate the different treatment methods such as physical (chopping, compacting, etc) and chemical (Urea application) in improving the utilisation of straw as dairy feed. The study has also included the minimisation of transportation cost and reduction of pollution of the environment through an optimisation process. At the same time attempts were made to increase the transport capacity and reduction of the expenditure without affecting the quality of the feed.

Through the physical and chemical treatments of straw it was possible to improve the feed value of straw which has enabled us to develop a new ration formulation that could be used on the study farm. The use of square bale to compact the straw has reduced diesel consumption which in turn minimises CO<sub>2</sub> emission by 46% per year.

The chemical treatment employed by using 4% Urea and 50% water of the straw weight was observed to be optimal. Based on the above chemical treatment procedure, an allowance of 5 to 8 kg DM per cow and day was recommended depending on the lactation stage of the cow.

The effect of the square baling in conjunction with the Urea treatment at the dairy farm could reduce the yearly feed expenditure of the farm by 13%.

# *1 PROBLEM*

Charakteristisch für die ariden und semiariden Gebiete, wie für Syrien, das im weiteren als Beispiel dienen soll, sind im Jahresdurchschnitt niedrige Niederschlagsmengen, hohe Temperaturen und eine allgemeine Wasserknappheit. In den vergangenen Jahren haben sich auf Grund guter Absatzbedingungen für Milch und Milchprodukte einige Betriebe in der Peripherie von Damaskus, der Hauptstadt Syriens, angesiedelt. Ein Problem besteht darin, daß sie keine ausreichende Futteranbaufläche besitzen, da der dort sehr teure Boden aus Gründen der Wirtschaftlichkeit nicht zur Futterproduktion, sondern überwiegend zur Erzeugung von Gemüse oder sogar als Bauland genutzt wird.

Bei Voruntersuchungen in Milchviehanlagen der Region Damaskus wurde ermittelt, daß die Transportentfernungen für Konzentratfutter bei 200 - 250 km und für das zu etwa 47 % in der Ration enthaltene Grobfutter sogar bei etwa 800 km liegen. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Getreidestroh, das in der gegenwärtigen Form nur eine geringe Raumdichte aufweist, so daß die Fahrzeuge schlecht ausgelastet werden. Beispielsweise kann ein Lkw mit einem Ladevolumen von 100 m<sup>3</sup>, dessen zulässige Gesamtmasse 40 Tonnen beträgt, gegenwärtig maximal 18 Tonnen Häckselstroh transportieren. Die bestehenden Transportprobleme führen dazu, daß in den milchviehhaltenden Betrieben wie auch in den Schaf- und Ziegenhaltungen Futtermangel herrscht. Gleichzeitig wird in den entfernten Ackerbaugebieten, z.B. im Nordosten von Syrien, überschüssiges Getreidestroh verbrannt und somit die Umwelt belastet (Abbildung 1). Neben hohen Aufwendungen für Energie (Kraftstoffmenge) und Arbeitszeit (Verladung, Lagerung am Feldrand, Fahrtdauer etc.) entstehen dadurch hohe Gesamtkosten, abgesehen von den nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt in Form von Emissionen und Straßenbelastungen. Restriktionen durch Obergrenzen für das zulässige Gesamtgewicht und Abmessungen, wie begrenzte Höhe und Länge der Transportzüge, wirken ebenfalls kostenerhöhend.



Abb. 1: *Verbrennung von überschüssigem Getreidestroh auf dem Acker in den entfernten Ackerbaugebieten*

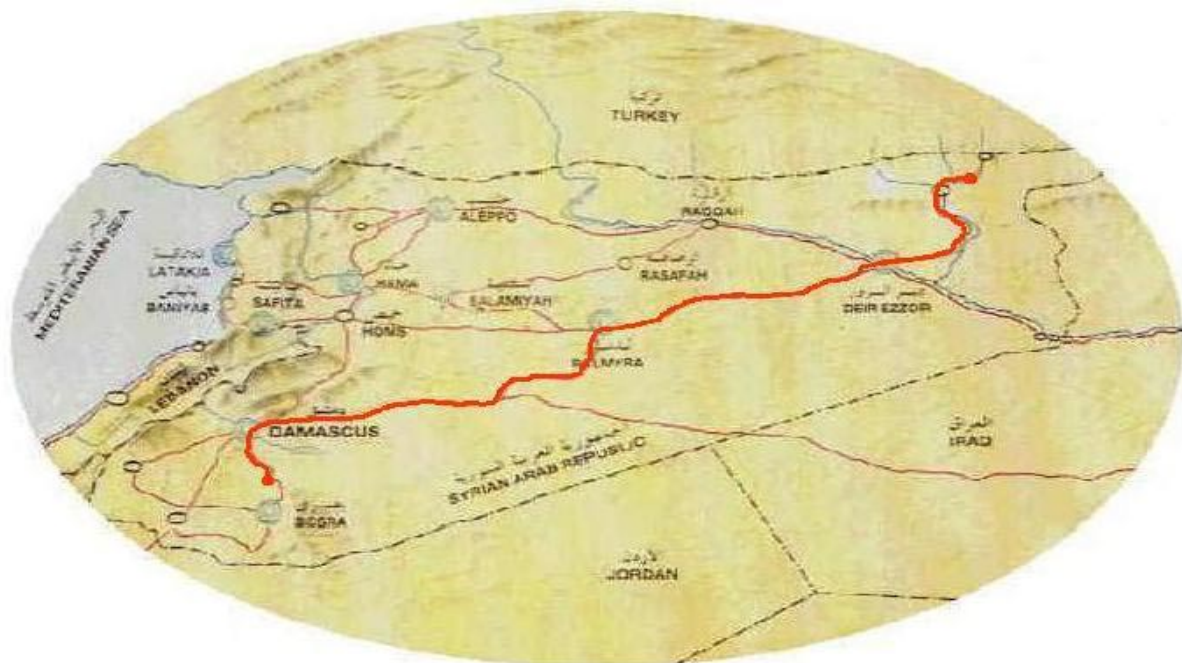


Abb. 2: *Darstellung der Entfernung (800 km) zwischen dem Milchproduktionsbetrieb und der Aufkommensfläche für Futterstroh des Untersuchungsbetriebes*

Aus Abbildung 2 geht hervor, daß der Untersuchungsbetrieb in der die Kuhmilchproduktion große Entfernungen zwischen den Futter- und Milchproduktionsstandorten zu überwinden



hat. Entfernung und lange Fahrtdauer verdeutlichen die dabei entstehenden hohen Transportkosten. Die Umweltbelastung durch den hohen spezifischen Kraftstoffverbrauch ist ein weiterer Aspekt des Problems, das einer Lösung bedarf. Ursachen und Wirkungen dieses Problemkreises werden in Abbildung 3 zusammengefaßt.

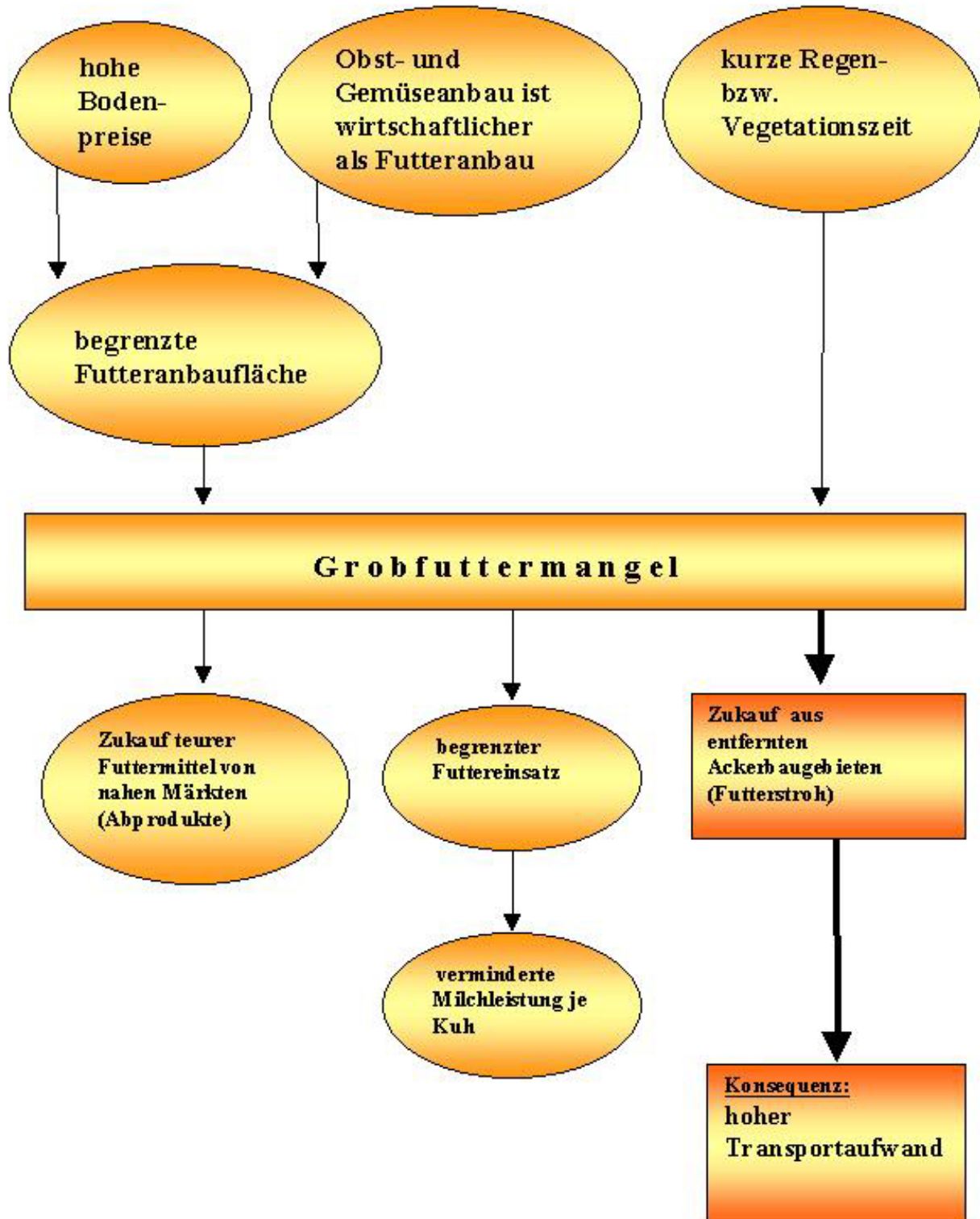


Abb. 3: Rahmenbedingungen für die marktnahe Milchproduktion bei standortferner Futtererzeugung



## 2 AUFGABENSTELLUNG

Die typische Ration für Milchkühe unter den zu untersuchenden Bedingungen setzt sich aus 47 % Grobfutter sowie 53 % Kraftfutter zusammen. Dabei ist das Getreidestroh die dominierende Futterkomponente des Grobfutters, denn der Strohanteil an Grobfutter beträgt etwa 75 %.

Die Kosten der Kompaktierung und des Transports aus den Getreideanbaugebieten in den Milchviehbetrieben bestimmen im Wesentlichen die Kosten für das Stroh. Aus diesem Grunde konzentrieren sich die Untersuchungen darauf, in welchem Maße durch unterschiedliche Behandlungsmethoden von Stroh dessen Einsatzmöglichkeiten in der Milchviehfütterung verbessert, die Transportaufwendungen reduziert und die Umwelt durch verringerten Treibstoffverbrauch entlastet werden können. Untersucht wurden die Möglichkeiten zur Erhöhung der Transportleistung und zur Senkung der Aufwendungen bei gleichzeitiger Sicherung der Futterqualität, die insbesondere durch eine mechanische Behandlung des Strohs erzielt werden können.

Da technologische Lösungen im Nutztierbereich nur dann eine Bedeutung haben, wenn sichergestellt ist, daß sie eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit in der Tierproduktion hervorrufen, ist es wichtig, kostengünstige und einfache Verfahren zu entwickeln bzw. aus den bereits angewendeten Verfahren zusammen zu stellen. Die zu entwickelnden Methoden sollen den vorherrschenden Rahmenbedingungen angepaßt werden. Als Hauptaufgabe im Rahmen dieser Arbeit wird also die Optimierung der Fütterungsverfahren verstanden. Diese kann durch die Kombination der Verringerungsmöglichkeiten von Transportaufwendungen sowie durch Verbesserung der Verdaulichkeit und der Aufnahme von Futterstroh erreicht werden. Nicht zuletzt soll dann eine kostengünstigere Energiedeckung aus dem billigeren Stroh erzielt werden.

In der Literatur werden unterschiedliche Behandlungsmethoden von Stroh beschrieben und für die praktische Umsetzung empfohlen. Diese sind hinsichtlich ihrer Übertragungsmöglichkeiten und -grenzen zu prüfen. Dabei werden verschiedene Verfahrensketten beschrieben und anhand bestimmter Kriterien und Zielgrößen bewertet. Da die effektive Verwertung des Futters auch von anderen Produktionsbedingungen abhängig ist, wird der eigentlichen Problembearbeitung eine Verfahrensanalyse vorangestellt. Dadurch sollen negativ auf Futtereinsatz und Futterverwertung wirkende Faktoren identifiziert werden.

Ziel der Arbeit ist es, folgenden Teilaufgaben zu bearbeiten:

- Analyse der Verfahren der Milchproduktion unter besonderer Berücksichtigung der Bedingungen in den ariden und semiariden Gebieten
- Analyse der Verfahren zur Futterstrohbereitstellung
- Optimierung der Verfahren zur Futterstrohbereitstellung
- Gestaltung angepaßter Futterrationen mit hohen Strohanteilen für Milchkühe

Für den Aufgabenteil „Optimierung der Verfahren der Futterstrohbereitstellung“ wurden folgende Lösungsansätze abgeleitet:

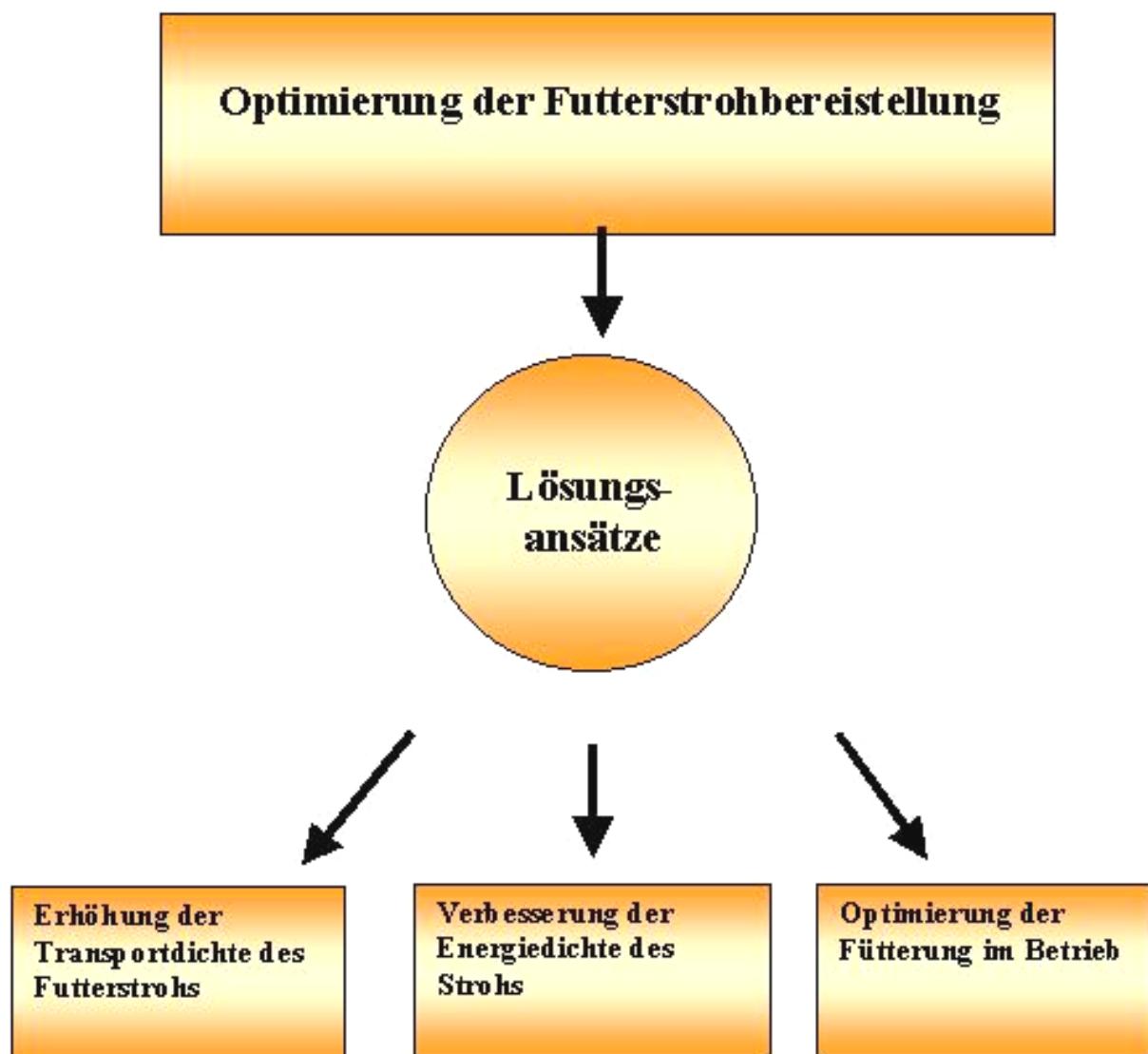


Abb. 4: Lösungsansätze

## 3 *ERKENNTNISSTAND*

### 3.1 **Verfahrensanalyse**

Allgemein wird unter dem Begriff Verfahren eine geordnete Menge von Operationen technischer, manueller oder gedanklicher Natur verstanden, die bezeichnen, wie ein bestimmtes Ergebnis erreicht bzw. ein Produkt hergestellt werden kann. In einer Verfahrensbeschreibung nach MÜLLER (1989) findet das seinen Ausdruck in der Formulierung: „Produkt und die dazugehörigen Verfahren“.

Die Verfahrensanalyse ist eine Methode zur umfassenden Untersuchung laufender oder konzipierter Prozesse im Betrieb einschließlich der Leitung und Organisation. Sie hat das Ziel, Engpässe und Schwachstellen aufzudecken und auf dieser Grundlage Maßnahmen zu deren partiellen oder völligen Beseitigung auszulösen (HAEFNER et al., 1982; BUDDE et al., 1982). Im Rahmen der Literaturanalyse werden die einzelnen Verfahrensabschnitte unter besonderer Berücksichtigung der Bedingungen in heißen Klimaten angesprochen.

### 3.2 **Verfahren der Milchproduktion unter Berücksichtigung der Bedingungen arider und semiarider Gebiete**

Eine moderne Milchproduktion hat das Ziel, alle Verfahren der Haltung, Fütterung, Milchgewinnung, Entmistung, des Managements und der Tierpflege so optimal zu gestalten, daß maximale Leistungen der vorhandenen Tiere mit einem minimalen Aufwand erreicht werden.

Unter tropischen Bedingungen ist die Milchleistung eine Funktion des Klimas, der Ernährung, der Gesundheit, des genetischen Potentials und des Managements (BEEDE, COLLIER, WILCOX u. THATCHER, 1985; JOHNSON, 1991).

Dabei handelt es sich hauptsächlich um den Einfluß von Menge und Qualität des Futters, von Krankheiten, um die Anwendung von Technologien zur Verringerung der Ernährungs-, Wärme- und Gesundheitsbeeinträchtigungen.

Große Milchviehbetriebe importieren ihre Hochleistungskühe in der Regel aus den gemäßigten Klimazonen. Im thermoneutralen Bereich haben Rinder ein Anpassungsvermögen. Dennoch darf deren Anpassungsfähigkeit nicht überstrapaziert werden, wenn Leistungsrückgänge vermieden werden sollen. So hat beispielsweise eine erhöhte Grobfutteraufnahme eine hohe Wärmeproduktion im Tierkörper zur Folge. Wenn diese die Wärmeabgabe überschreitet, wird

zunehmend Wärme gespeichert, was zu einer reduzierten Futteraufnahme führt. Die Konsequenzen liegen in der Senkung der Milchleistung, der Abnahme der Körpermasse und der Herabsetzung der Fruchtbarkeit (THATCHER und ROMAN-PONCE, 1980; PUTNEY et al., 1988 in JOHNSON, 1991).

In der folgenden Literaturanalyse werden die Produktionsverfahren für Milch in den unterschiedlichen Verfahrensabschnitten erfaßt.

### **3.2.1 Haltungsverfahren**

Für eine intensive Milchproduktion ist es auch in den Tropen notwendig, die Tiere aufzustallen, weil dadurch die am Tier anfallende Arbeit schneller und leichter durchgeführt, die Milchbildung gefördert und schädliche Umwelteinflüsse abgeschirmt werden können (LOMMATZSCH, 1989). Aus den Ergebnissen von Forschung und Entwicklung in den vergangenen Jahren ist abzuleiten, daß sich als gebräuchlichstes Haltungssystem für Milchkühe die Laufstallhaltung durchgesetzt hat, bei der die Kühe in Gruppen gehalten werden und die Milchgewinnung im Melkstand erfolgt (KAUFMANN, 1998).

An die Haltungsverfahren werden nach KAUFMANN (1996) folgende biologische und produktionstechnische Grundanforderungen gestellt:

1. Erfüllung tierphysiologischer und verhaltensbedingter Ansprüche im Interesse einer hohen Leistung und stabilen Tiergesundheit
2. Schaffung günstiger Bedingungen für die Milchgewinnung und das Abkalben
3. Schaffung günstiger Bedingungen für eine effektive Wirkung von Fütterungs- und Entmistungsverfahren sowie des Produktionsmanagements.

Tierhaltung ist tiergerecht, wenn die Tiere nach ihren Bedürfnissen gefüttert, untergebracht und gepflegt werden (KOWALEWSKY, 1992). Körpermaße und Körpermasse der Tiere bestimmen vorrangig die Abmessungen und die Form der einzelnen Stallungsabteilungen. Eine effektive Produktion ist erst möglich, wenn die Haltungsform und das Management, die in einem engen Zusammenhang stehen, aufeinander abgestimmt sind (KAUFMANN, 1998). Erfahrungen aus der Praxis zufolge ist es in Gruppenhaltungssystemen schwierig, die Haltungs- und Kontrolltechnik auch für das einzelne Tier zu optimieren. Große Bestände ermöglichen jedoch, homogene, in mehreren Merkmalen ähnliche Tiergruppen gezielt zusammenzustellen (BOCKISCH, EBENDORF und SICKERT, 1991; KÜBLER, 1998).

SPIEKERS (1998) gliedert die laktierenden Kühe in die Gruppen Frischmelker und Altmelker, wobei eine Gruppe in Abhängigkeit von der Größe des Bestandes bis zu 100 Kühe umfassen kann (KAUFMANN, 1998). Außerdem hat es sich als notwendig erwiesen, zwei Gruppen für die Trockensteher zu bilden und separate Boxen für abkalbende Tiere zu reservieren (KAUFMANN, 1998; SPIEKERS, 1998).

Die Funktionsbereiche für Milchkühe und ihre Nachzucht werden in Tabelle 1 gezeigt.

*Tabelle 1: Erforderliche Einteilung von Funktionsbereichen in der Milchproduktion in größeren Beständen (Kaufmann, 1998)*

<b>Funktionsbereiche</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>Milchkühe:</b>	
- laktierende Kühe (Leistungsgruppen)	bis zum Trockenstellen (mehrere Fütterungsgruppen)
- tragende Kühe: (zwei Gruppen)	ca. 8.-2. Woche ap und 3. Woche-3d ap
- abkalbende Kühe:	möglichst eingestreute Boxen
- kranke Kühe:	möglichst entfernt von gesunden Tieren
<b>Kälber:</b>	
- Kolostralkälber	bis 1 Woche nach der Geburt
- Tränk- bzw. Milchkälber	ab 2. Woche bis 10. Woche nach der Geburt
- Aufzuchtkälber	ab 10. Woche bis 5 Monate
<b>Jungrinder I:</b>	6. – 12. Monat
<b>II:</b>	bis zur Besamung
<b>III:</b>	tragend

Die Gruppenbildung dieser Art ermöglicht dem Tierpfleger eine gute Übersicht über das Verhalten der Tiere in Bezug auf Krankheiten, Futteraufnahme und andere Aktivitäten. Die Brunsterkennung bei den erwachsenen Tieren ist besser, die Tiere sind leichter zu betreuen. Eine gruppenbezogene Futtervorlage und Rationsgestaltung wird erleichtert. Außerdem ist das Sozialverhalten innerhalb ihrer Altersgruppen gegeben. Ein optimales Freß-Liegeplatz-Verhältnis muß jedoch gesichert sein. Eine hohe Tierkonzentration unter einem Schattendach ist möglichst zu vermeiden, weil der Kühlungseffekt dadurch verloren gehen kann. Nach Empfehlung von WEST (1987) ist eine Schattendachfläche von 6,5 - 7,5 m<sup>2</sup>/Kuh ausreichend und garantiert eine gute Luftzirkulation. Als minimale Freßplatzbreite gibt STRACK (1990) 0,6 – 0,7 m/Kuh an, während KAUFMANN (1996) von einer optimalen Freßplatzbreite von 0,75 m ausgeht. Für die hochtragende Kuh werden bis 0,9 m (MACKROTT, 1994) angegeben. Ein Tierplatzangebot von 6 m<sup>2</sup>/Kuh im Laufstall ohne Liegeboxen soll nicht unterschrit-

ten werden (KAUFMANN, 1996). Die Abkalbeboxen sollen nach RIST u. SCHRAGEL (1992) 6,4 m<sup>2</sup>/Kuh nicht unterschreiten, während KAUFMANN (1996) 8 m<sup>2</sup>/Kuh als Mindestgröße angibt. Die erforderliche Freßplatzbreite und Schattendachfläche für Kälber und Jungrinder gibt LOMMATZSCH (1989) in der folgenden Tabelle an:

*Tabelle 2: Angaben zu Freßplatzbreite und Schattendach für die Kälber- und Jungrinderaufzucht unter semiariden Bedingungen*

<b>Altersgruppen</b>	<b>Freßplatzbreite (m/Rind)</b>	<b>Schattendachfläche (m<sup>2</sup>/Rind)</b>
<i>Jungrinder 17-26 Monate</i>	0,5	4
<i>Färsen 6-16 Monate</i>	0,4	2,5
<i>Kälber 1,5-5 Monate</i>	0,4	1,5

*Tabelle 3: Angaben zur Freßplatzbreite bei der Kälber- und Jungrinderaufzucht unter gemäßigten klimatischen Bedingungen*

<b>Altersgruppen</b>	<b>Freßplatzbreite (m/Rind)</b>
<i>16-27 Monate</i>	0,65 – 0,70
<i>8-15 Monate</i>	0,50 – 0,55
<i>4 – 7 Monate</i>	0,40 - ,45

KAUFMANN (1996 – Tabelle 3) empfiehlt etwas großzügigere Freßplatzbreiten für Jungrinder, die weniger Rangkämpfe zwischen den Tieren erwarten lassen.

Klimafaktoren, wie hohe Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den Tropen und Subtropen, stellen nach PAGOT (1993) die Haupthinderungsgründe der Intensivierung der Milchproduktion dar, denn die Milchproduktionsleistung sowohl einheimischer als auch importierter Tiere unter solchen Bedingungen hängt generell nicht nur von der Zuchtqualität sondern auch - zum größten Teil - von den Umweltbedingungen ab (VAN DEN BERG, 1988). Daher spielen die Haltungsbedingungen eine beachtliche Rolle. Der Autor gibt an, daß die Milchleistung bei Tieren, die aus der gemäßigten Klimazone importiert wurden, aufgrund von Klimaeinflüssen, Fütterungs- und Managementveränderungen sowie fehlenden Widerstandes gegen bestimmte Krankheiten häufig sinkt. Diese Auswirkungen kommen besonders in solchen Ländern zum Ausdruck, wo die Temperatur-Luftfeuchtigkeits-Kennzahl (Temperature Humidity-Index, THI) hoch ist. (Tabelle 4)

Tabelle 4: Temperatur-Luftfeuchtigkeit-Kennzahl (THI) von ausgewählten Regionen

<b>Klimazone</b>	<b>A. Durchschn. Monate &gt;72</b>	<b>B. Anzahl Monate &gt;72</b>	<b>C. Zeit Kennzahl A x B</b>	<b>D. Jahresdurchschnitt</b>
Kanada (Edmonton)	0			42,2
U.S.A. (Missouri)	74,5	2	149	54,6
Japan (Kyoto)	74,7	3	224	61,6
U.S.A. (Phönix)	77,0	4	308	66,6
Ägypten (So. Delta)	76,5	4	306	68,8
Costa Rica (Atenia)	71,9	2	144	69,5
Saudi-Arabien (Hufuf)	80,5	7	563	71,9
Mexico (Cardena, Tabasco)	76	8	608	74,0
Costa Rica (Guapiles)	73,2	11	805	73,2
Bangladesch (Dhaka)	75,8	10	758	73,9
Puerto Rico (San Juan)	75,0	12	900	75,0
Thailand (Bangkok)	75,7	12	908	75,8
Dominikanische Republik (Santiago)	76,2	12	915	76,2
Süd Amerika (Guyana)	77,2	12	926	77,3
Malaysia (Kuala Lumpur)	78,7	12	944	78,7

$THI = T \text{ trockene Thermometer} + (0,36 \cdot T \text{ Taupunkt}) + 41,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (JOHNSON, 1991)

Tabelle 4 zeigt, dass der Grenzbereich des THI bei 72 liegt. Über dieser Zahl liegende Werte stellen insbesondere für Hochleistungstiere eine Belastung und damit auch eine Leistungsdepression dar. Diesbezüglich sind die klimatischen Bedingungen in den hier behandelten Regionen deutlich schlechter als z. B. in Kanada.

Vor allem die Zeit-Kennzahlen (A x B) bestimmter Monate zeigen, wie günstig oder ungünstig die Bedingungen für Hochleistungskühe in den dargestellten Klimazonen sind. Insbesondere in Ländern mit einer hohen Zeit-Kennzahl erhöht sich die Belastung der Tiere. Alle Länder, in denen der THI für mehrere Monate bzw. das ganze Jahr über dem Faktor 72 liegt, sind von dieser Belastung stark betroffen. Dies ist bei importierten Rindern mit einem empfindlichen Leistungsrückgang verbunden (SPAIN und SPIERS, 1998; BROUCEK, UHRINCAT, KOVALCIKOVA und ARAVE, 1998; SALLVIK, 1999).

Untersuchungsergebnisse von BROUCEK, UHRINCAT, KOVALCIKOVA und ARAVE (1998) belegen, daß Milchkühe, die für drei Tage bei einer Temperatur von 34°C und einer Luftfeuchtigkeit von 40 - 60 % gehalten worden waren, eine um 22 % reduzierte Futterauf-

nahme und einen Abfall der Milchmenge um 16,5 % aufwiesen, Während die Wasseraufnahme dieser Versuchstiere innerhalb dieser drei Tage um 27 % Anstieg. Nach SMITH (1985) wird die Milchleistung der Rassen Holstein, Brownswiss und Jersey bei einer Überschreitung der atmosphärischen Temperatur von 27°C beeinträchtigt. Ist die Außentemperatur hoch, verursacht auch die Sonnenstrahlung eine zusätzliche Leistungsminderung. Bereits 1954 fanden BRODY, RAGSDALE, THOMPSON und WORSTEL heraus, daß bei HF-Kühen eine Solarstrahlung von 17,6 KJ/m<sup>2</sup>.h bei 8°C nur einen geringen Effekt ausübt, aber bereits bei 21°C eine Milchleistungsminderung von 12 % und bei Jerseykühen von 5 % hervorruft. Bei Temperaturen von 27°C stieg die Leistungsabnahme auf 43 % bei Holstein- und auf 21 % bei Jerseykühen. NAUHEIMER-THONEICK in NICHELMANN (1999) gibt an, daß eine Erhöhung der Umgebungstemperatur von 15°C auf 30°C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % die Milchmenge um 30,4 % und die Milchfettleistung um 29,7 % sinkt, wenn eine Hyperthermie von 1,6 vorliegt. In der Tabelle 5 zeigt JOHNSON (1991) Leistungsreaktionen von Holstein- und Jerseykühen in Abhängigkeit von den klimatischen Gegebenheiten in verschiedenen Regionen.

Tabelle 5: Effekte tropischer Klimakomplexe auf die Milchproduktion von Holstein- und Jerseykühen (Johnson, 1991)

Region	Milchleistung (kg/Jahr)	Laktationsdauer (d)	Milchproduktion (kg/d)	THI
<b><u>Holstein:</u></b>				
U.S.A. <sup>1</sup>	7715	305	25	--
Arizona <sup>1</sup>	8331	305	28	66
Missouri <sup>1</sup>	6972	305	23	54
Puerto Rico <sup>1</sup>	4485	305	14,7	75
Mexiko, Veracruz <sup>2</sup>	3534	325	10	73
Mexiko, Tabasco <sup>2</sup>	2745	305	9	74
Ägypten	--	--	9	69
Guyana	--	--	6	77
<b><u>Jersey:</u></b>				
Missouri	--	--	16	54
Mexiko, Veracruz <sup>2</sup>	2537	318	7,9	72
Costa Rica, CATIE <sup>3</sup>	2218	300	7,7	71

<sup>1</sup>Wiggins, 1987;

<sup>2</sup>Roman-Ponce, 1987

<sup>3</sup>Costa Rica, CATIE, 1986



Aus Tabelle 5 wird ersichtlich, daß mit einer Verschlechterung der klimatischen Bedingungen eine Leistungsminderung vorprogrammiert ist. Wenn z.B. die Bedingungen in Arizona für die Holstein-Kühe als optimal bezeichnet werden, führt eine Erhöhung von 7 THI Einheiten in Mexiko, Veracruz, zur Senkung der Milchleistung um ca. 58% und in Mexiko, Tabasco, um 67%. Dabei werden gleiche Haltungsbedingungen der Tiere unterstellt.

JOHNSON (1991) stellt die Regressionslinien (Veränderungen) der Milchleistung, Rektaltemperatur und Futteraufnahme in Abhängigkeit zum Temperatur-Luftfeuchtigkeit-Index in Abbildung 5 dar. Dabei handelt es sich um einen THI für verschiedene Temperatur-Luftfeuchtigkeits-Bedingungen, die über dem neutralen Bereich liegen.

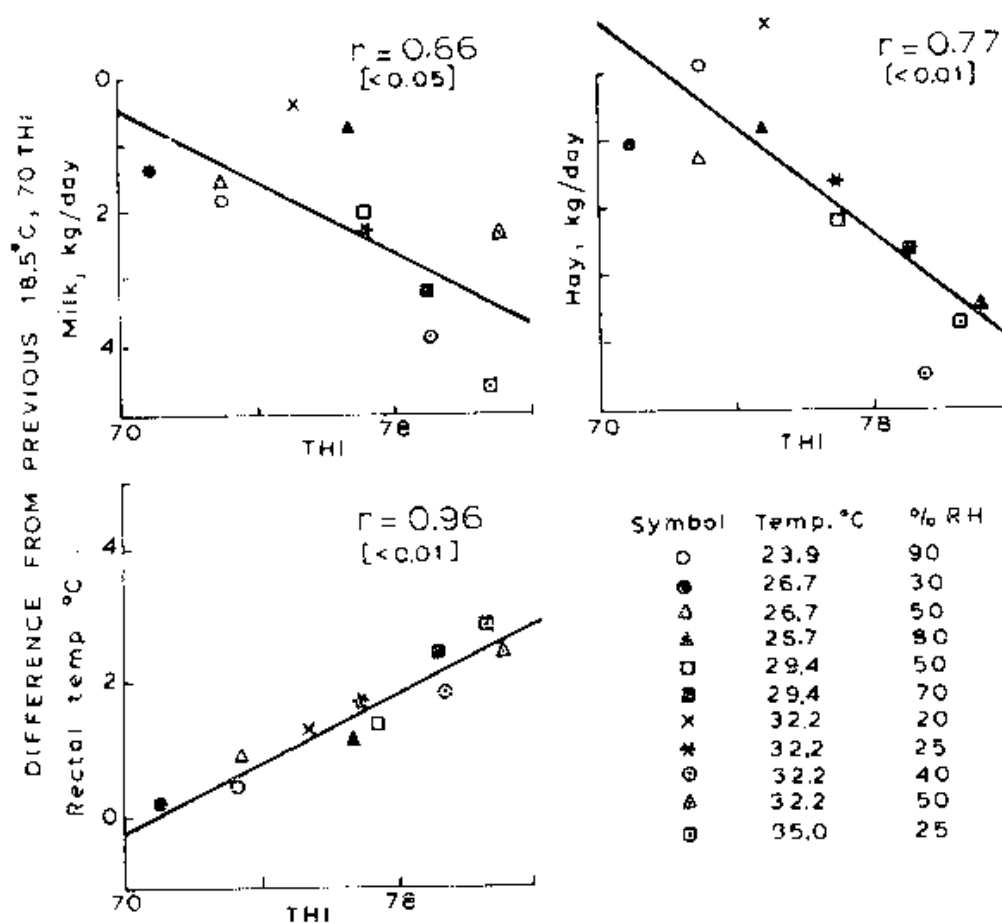


Abb. 5: Regression von Milchleistung, Rektaltemperatur und Futteraufnahme im Bezug auf THI überthermoneutraler Verhältnissen (mehrere Temperatur- Luftfeuchtigkeitsangaben)

Abbildung 5 zeigt, wie mit erhöhtem THI-Wert Futteraufnahme und Milchleistung der Tieren sinken, während die Rektaltemperatur steigt. Pro erhöhte THI Einheit bzw. pro erhöhte Rektaltemperatur sinkt die Futteraufnahme um ca. 0,23 kg/Tag, die Milchleistung sinkt um ca. 0,26 kg/Tag.

NICHELMANN (1999) zeigt eine Optimierungsmöglichkeit von Holstein Frisian und einheimischen Zeburindern anhand eines Kreuzungsprogrammes in Kuba. Als Ergebnis dieses Programms konnten hitzeresistente Rinder („Siboney de Cuba“) gezüchtet werden, die unter tropischen Bedingungen 4000 l Milch produzieren.

Andere Lösungsvarianten bieten sich in Bezug auf die Bauart der Ställe an. LOMMATZSCH (1989), RADOSTITS, LESLIE und FETROW (1994) empfehlen Schattendächer ohne Wände, bei denen man den Tieren mit einer adiabaten Kühlung, durch Einsprühen von Wassertropfchen (Sprinkler) sowie mit Ventilatoren im Stall oder auch im Wartevorhofbereich, während der Tageshitze Linderung verschaffen kann. Die Seitenwände der Melkställe werden

ebenfalls offen gelassen bzw. mit Ventilatoren versehen. Versuchsergebnisse von CHUNG, LEE, KIM, KIM und LEE (1997) in Korea zeigen den Einfluß der Ventilation-Sprinkler-Kühlung auf die physiologischen Parameter, auf Milchleistung und Milchinhaltsstoffe von Holstein-Kühen unter Umwelttemperaturen über 30 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 90% in den Sommermonaten (Juni bis August). Abbildung 6 zeigt die Seitenansicht des beschriebenen Stalles.

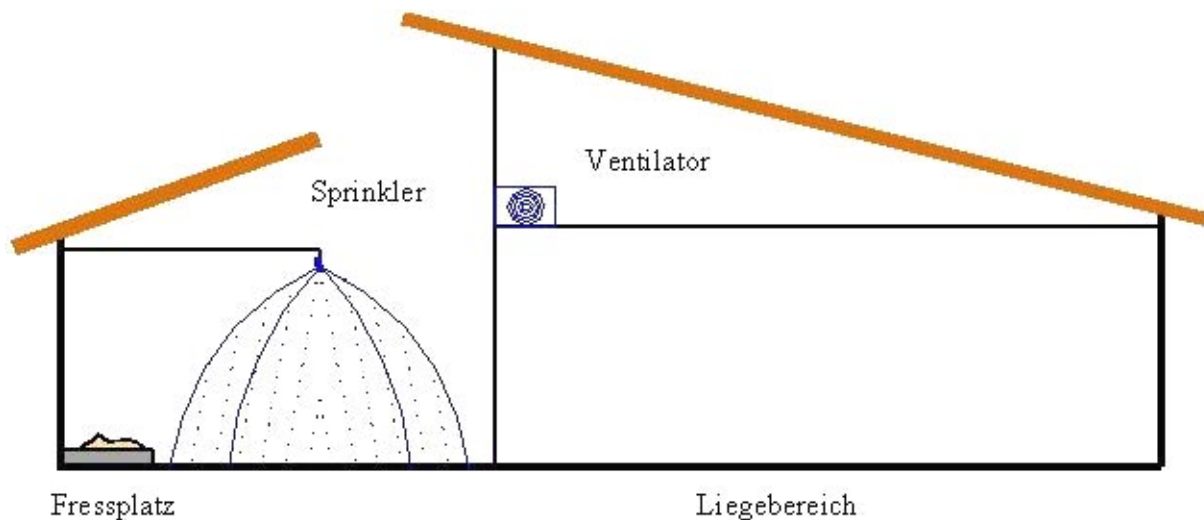


Abb. 6: Anordnung von Ventilator und Sprinkler im Stall (Chung et al, 1997)

Fünf Ventilatoren wurden in einem seitlich offenen und überdachten Stall in einem regelmäßigen Abstand (14,4m, 9,6 m, 9,6 m , 9,6 m) zu einander in einer Höhe von 2,6 m über dem Fußboden installiert. Die Luftbewegung wurde aus einem Ventilator mit einem Durchmesser von 85 cm und einer Durchlaufgeschwindigkeit von 3,4 m/s erzeugt. Die Sprinkler wurden auf einer Höhe von 2,35 m über dem Fußboden befestigt und erzeugen kreisförmig Sprühwasser mit niedrigem Druck. Somit war eine gleichmäßige Verteilung des Sprühwassers auf die gesamte Stallfläche möglich. Vier Wochen nach Versuchsbeginn konnten die Autoren bei den Tieren eine Reduzierung der Haut- sowie der Rektaltemperatur von 34,02 bzw. 41,21 auf 32,96 bzw. 39,53 °C feststellen. Im Vergleich zu den Kontrolltieren (23,66 kg/Kuh u. Tag) produzierten die Versuchstiere (25,87 kg/Kuh u. Tag) mehr Milch. Der Fett-, Laktose- und Eiweißgehalt zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen.

Weißer und gut reflektierende Wellbleche oder Aluminium mit einer Wärmedämmschicht von 1 cm haben sich als gut geeignetes Dachmaterial erwiesen (WEST, 1987). Die Schattendachflächen führen nach ROMAN-PONCE et. al. (1977) in JOHNSON (1991); WIERSMA et. al. (1984) in JOHNSON (1991) mit ca. 30 % zu einer Wärmeminderung für die Tiere. Entsprechende Bilder, die im Rahmen eigener Analysen der Milchproduktionsverfahren aufgenommen wurden, sind im Anhang dargestellt. Unter solchen Bedingungen ist es erforderlich, ein

ausreichendes Tierplatzangebot zu gewährleisten, so daß die Luftzirkulation zwischen den Tieren möglich ist.

In Bezug auf eine ausreichende Luftzirkulation spielt die Dachhöhe eine entscheidende Rolle. WEST (1987) empfiehlt eine Höhe von 3,70 m vom Fußboden bis zum tiefsten Punkt des Daches. Je höher das Dach angelegt wird, desto mehr Luftzirkulation und Strahlungsminde- rung wird realisiert. Dabei wird ein ost-west-orientiertes und breiter als die Grundfläche ange- legtes Dach bevorzugt, um die seitliche Sonneneinstrahlung in die Stallhaltungsbereiche zu verringern (WEST, 1987; PETERS, 1999).

Hohe Anforderungen werden an einen trockenen und sauberen, mit Ziegeln oder Beton ausge- führten Stallboden gestellt. Er muß mit einem - wegen der Regenmonate besonders notwendi- gen - ausreichenden Gefälle versehen sein. Die Futtertische und Wassertröge sollten immer im Schatten stehen, um die Tiere zu einer höheren Futter- und Wasseraufnahme anzuregen, da sonst die Kühe nicht in der Lage sind, die am Tag reduzierte Futter- und Wassermenge am Abend zu kompensieren (WEST, 1987). Gegen die Zugluft werden in den Subtropen dreisei- tig geschlossene Ställe eingesetzt (LOMMATZSCH, 1989). In diesem Fall dient der untere Bereich der Seitenwände als Regen- und Zugluftschutz, während der obere Bereich zwecks Luftzirkulation offen gelassen oder mit Draht bzw. Netz versehen wird. Diese Wände sind höhenverstellbar, um den Einfluß der Zugluft zu verringern. Die Regulation der Ventilations- rate im Stall muß also an innere und äußere Bedingungen (Abführung von Wasserdampf und Wärme, Zufuhr von trockener und kühler Luft) anzupassen sein (MESCHER u. VEENHUIZEN, 2000). Eine gute Stallplanung muß ein kostengünstiges natürliches Ventila- tionssystem berücksichtigen.

### **3.2.2 Fütterungsverfahren**

Grundsätzlich gilt es (BRUNSCH, 1996), folgende Ansprüche im Rahmen der Nährstoffbe- reitstellung zu berücksichtigen:

- Futtermittel- und Rationsanteilauswahl
- Darbietungsform
- Darbietungszeit und -folge

Die Anforderungen einer Milchkuh an den Gebrauchswert eines Futtermittels sind im Laufe der Laktation unterschiedlich. Sie werden neben dem Nährstoffgehalt und der Verdaulichkeit auch von der Stoffwechsellage der Kuh beeinflusst. Daher erfordert eine optimale Fütterung der Milchkuh nach KÜBLER (1998) eine ausreichende Anzahl verschiedener Rationen. Dabei

hat eine hohe Grundfutterleistung überragende Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung.

Die Komponenten einer Ration sollten in einer wiederkäuergerechten Form vorliegen, da dies, zusammenfassenden Aussagen von LÜPPING (1992) und BRUNSCH (1996) zufolge, auf die Nährstoffverwertung einen Einfluß ausübt. Das Vorhandensein des wiederkauauslösenden strukturwirksamen Rohfasergehaltes der Ration hält z. B. die Speichelproduktion und damit den pH-Wert in den Vormägen im Optimum.

Sowohl bei getrennter Verabreichung von Grob- und Kraftfutter als auch bei Vorlage einer Mischration gilt das Prinzip, je höher die Vorlagehäufigkeit desto größer die Futteraufnahme, weil die Tiere dadurch zum Aufsuchen der Futterkrippe angeregt werden, was das Pansenmilieu stabilisiert. Aus pansenphysiologischen Gründen sollte darauf geachtet werden, daß bei getrennter Darbietungsform vor der Kraftfuttergabe strukturiertes Grundfutter vorgelegt wird (BRUNSCH, 1996).

Nach GOLDENSTERN, FÜBBEKER, SPIEKERS u. GERIGHAUSEN (1998) ist beim Standardverfahren ein Tier-Freßplatz-Verhältnis von 1 : 1 vorzusehen , während bei Anwendung einer totalen Mischration (TMR) maximal 2 Tiere je Freßplatz vertretbar sind. Für die Hochleistungskuh gibt SPIEKERS (1998) eine Relation von 1 : 1 und für die altmelkenden oder trockenstehenden 1 : 2 bis 1 : 2,5 an. Aus Sicht der Fütterung werden Gruppierung in allen Systemen nach Leistung und unter Berücksichtigung der Körperkondition empfohlen. Mittlerweile hat sich die totale Mischration (TMR) als zweckmäßigere Fütterung durchgesetzt. Sie ermöglicht eine gruppenbezogene Leistungsfütterung (KAUFMANN, 1998; KÜBLER, 1998). Dabei ist jedoch eine ausreichend hohe Mischgenauigkeit erforderlich, um ein selektives Fressen zu verhindern (BOCKISCH, EBENDORF u. SICKERT, 1991).

Die Fütterungsprobleme in den warmen und feuchten Standorten der Tropen werden nach CHILLIARD (1991) durch folgende Merkmale charakterisiert:

- Fehlen von ausreichendem, hochverdaulichem Grundfutter
- Klimabedingte Begrenzung der Futteraufnahme
- Überwiegender Einsatz von Getreide für den Ernährungsbedarf der Bevölkerung, dementsprechendes Fehlen von Getreidefuttermitteln mit hohen Nährstoffwerten
- Leistungsrückgang, Abnahme der Körpermasse sowie Gesundheits- und Reproduktionsprobleme bei Hochleistungskühen bis hin zum Verenden aufgrund von Futtermangel

Neben den insbesondere für die Milchviehhaltung dominierenden Problemen ausreichender Verfügbarkeit von Tränkwasser wird die Ernährung von Nutztieren in den Tropen von direkten und indirekten klimatischen Faktoren beeinflusst (LEGEL, 1999).

Die größte Rolle spielen Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Sonneneinstrahlung. Während die Tageslänge und die Luftbewegung nur eine geringe oder indirekte Wirkung ausüben, ist die Umwelttemperatur als stärkste negative Beeinflussung zu betrachten. Sie beeinflusst unter anderem den Stoffwechsel, die Futter- und Tränkwasseraufnahme und die Verdaulichkeit der Nährstoffe (LEGEL, 1999).

Als Folge der Temperatureinflüsse gibt LEGEL folgende Veränderungen an:

- Verminderung des Wiederkauens und reduzierte Bewegung im Verdauungstrakt
- erhöhte Wärmeproduktion je Einheit Körperfläche
- Veränderung der Nährstoffverwertung
- Veränderung des Protein- sowie Mineralstoffwechsels
- Veränderung im Verhältnis der Aufnahme von unterschiedlichen Futtermitteln bei jungen und alten Tieren
- Veränderung der Respirationsrate und der Atemfrequenz

Die negative Wirkung ansteigender Umgebungstemperaturen auf die Futter- bzw. Nährstoffaufnahme ist nach SPAIN und SPIERS (1998), BROUCEK, UHRINCAT, KOVALCIKOVA und ARAVE (1998), LEGEL (1999) bei einem höheren Grobfutteranteil stärker ausgeprägt als bei hohem Kraftfuttereinsatz. Der Grund liegt darin, daß mit steigendem Grobfutteranteil mehr Stoffwechselwärme produziert wird.

In diesem Zusammenhang muß insbesondere bei importierten Hochleistungstieren aus den gemäßigten Klimaregionen auf die temperaturbedingte Futteraufnahme geachtet werden, weil deren optimaler Temperaturbereich nach LOMMATZSCH (1989) bei 12 - 20° C und nach STRACK (1990) zwischen 5 und 20° C liegt und die Futteraufnahme als Stellglied im Regelsystem Körpertemperatur eine Funktion der Umwelttemperatur (UT) ist. Mit steigender Umwelttemperatur sinkt die Futteraufnahme und damit auch die umsetzbare Energie (NICHELMANN, 1999). Nach PAGOT (1993) führt eine Temperatur von über 25°C und nach NICHELMANN (1999) von mehr als 27°C bei hoher Luftfeuchtigkeit über längere Zeit zu einer Reduzierung der Futteraufnahme bei Milchkühen, wodurch eine deutliche Leistungseinbuße hervorgerufen wird. Ein Futtermangel soll vor allem in der Akklimatisierungs-

zeit von Importtieren vermieden werden. Sinkt die Milchleistung aufgrund kurzfristigen Futtermangels, ist dieses Problem in der gegebenen Laktation nicht korrigierbar (VAN DEN BERG, 1988).

Unter erhöhten Temperaturverhältnissen haben zwar alle Rinderrassen einen höheren Tränkwasserbedarf, dabei zeigen Rinder aus den gemäßigten Klimazonen dieses Phänomen stärker als tropische Rassen (LEGEL, 1999).

Zusätzlich zu den allgemeinen Faktoren wie Tierart, Alter und Leistung der Tiere, Trockensubstanz- und Mineralstoffgehalt der Futtermittel wird die Wasseraufnahme in den ariden und semiariden Gebieten durch den geringen Wassergehalt des Futters, den erhöhten Tränkwasserbedarf bei hohen Temperaturen und das oft nur begrenzt vorhandene Tränkwasser beeinflusst.

Daher spielen Planung und Erschließung ausreichender Ressourcen für die Deckung des Wasserbedarfs in den tropischen und subtropischen Regionen eine außerordentliche Rolle. Der nach KIRCHGESSNER (1987) und LEGEL (1999) für die gemäßigten Zonen angegebene Wasserbedarf von etwa 4,5 - 5,0 l je kg TS im Futter (z.B. 90 - 100 l Wasser je Tier und Tag) reicht in den tropischen Gebieten bei hohen Temperaturen nicht aus. Während WEST (1987) eine Wassermenge von über 120 l pro Kuh und Tag angibt, geht ANON (1996) von einem Tränkwasserbedarf von 75 - 85 l/Tier für Milchkühe mit ca. 10 - 15 kg tägliche Milchleistung und 55 l/Tier für trockenstehende Kühe sowie Färsen an. Prinzipiell sollte Tränkwasser in den warmen Regionen ad libitum zur Verfügung stehen. Zu viel aufgenommenes Wasser schadet den Kühen nicht, es kann sogar eine höhere Milchmenge fördern (KIRCHGESSNER, 1987). Auf die Sauberkeit des möglichst kühlen Tränkwassers muß geachtet werden. Höhere Nährstoffverdaulichkeit bei hohen Umgebungstemperaturen ist darauf zurückzuführen, daß eine niedrige Futteraufnahme zur längeren Verweildauer bzw. Retentionszeit führt. Dadurch können die Pansenmikroben über längere Zeit einwirken.

In Verbindung mit hohen Temperaturen hat eine relative Luftfeuchtigkeit von mehr als 85 % zusätzliche negative Auswirkungen auf die Futter- und Wasseraufnahme.

Die direkte Sonneneinstrahlung wirkt eher auf weidende Tiere, so daß dieser Einfluß durch den Bau eines Schattendaches verhindert werden kann.

WEST (1987) faßt die temperaturabhängigen Veränderungen in der folgenden Tabelle zusammen:

*Tabelle 6: Relative Veränderungen des Erhaltungsbedarfs, der TS und Tränkwasser-Aufnahme einer Kuh mit 600 kg LM, sowie 27 l Milchleistung mit 3,7 Fett in/unter verschiedenen Umwelttemperaturen. (West, 1987)*

<b>Bedarf für 27 kg Milch</b>			<b>Reale Aufnahme und Milchleistung</b>		
<b>Temperatur (°C)</b>	<b>Erhaltungsbedarf (% des Bedarfs bei 20 °C)</b>	<b>TS-Bedarf (kg/Tier u. Tag)</b>	<b>TS-Aufnahme (kg/Tier u. Tag)</b>	<b>Milchleistung (kg/Tier u. Tag)</b>	<b>Wasser-Aufnahme (l/Tier u. Tag)</b>
0	110	18,8	18,8	27	64
4,5	103	18,4	18,4	27	67
10	100	18,2	18,2	27	67
15,7	100	18,2	18,2	27	67
20	100	18,2	18,2	27	68
25	104	18,4	17,7	25	76
30	111	18,9	16,9	23	79
35	120	19,4	16,7	18	122,8
40	132	20,2	10,2	12	106

Die Angaben in Tabelle 6 verdeutlichen, daß ansteigende Umwelttemperaturen einen erhöhten Erhaltungsbedarf und einen starken Rückgang der Milchleistung zur Folge haben.

Zum Beispiel sollte die TS-Aufnahme für eine Produktion von 27 kg Milch 18,4 kg betragen, aber die reale Aufnahme bei 35° C reduzierte sich auf 16,7 kg.

WEST (1987) gibt für die Fütterung unter derartigen Bedingungen folgenden Anpassungsmöglichkeiten den Vorzug:

- Minderung der TS-Aufnahme, um die Produktion der metabolischen Wärme zu vermindern.
- Steigerung der Energiedichte durch erhöhte Kraftfuttermenge, Vorlage von Grobfutter höherer Qualität sowie Verdaulichkeit, um den Verfall der TS-Aufnahme auszugleichen.
- Fütterung von totaler Mischration (TMR), damit die Tiere nicht mehr selektiv fressen können.
- Beachtung der Mineral- und Vitaminversorgung bei Depression der TS-Aufnahme. Kühe in heißem Klima verlieren z.B. mehr Natrium und Kalium durch Schweiß und Milch.
- Bereitstellung von abgekühltem Tränkwasser.

Hochleistungstiere aus den gemäßigten Klimaregionen erfordern aufgrund ihres hohen Energiebedarfs zur Anpassung an die Umwelt in den Tropen auch höhere Nährstoffbedarfsnormen (LEGEL, 1999). Eine Anreicherung der Futtermischungen mit ausreichenden Proteinen, Mineral-



lien und Vitaminen ist unumgänglich. Dabei muß nicht nur der Energiegehalt der Ration, sondern auch der Anteil des Grobfutters in hoher Qualität stimmen. Die Deckung des Erhaltungs- und Leistungsbedarf, gute Fruchtbarkeit, optimale Entwicklung des Föten und möglichst hoher Wirkstoffreserven der neugeborenen Kälber ist ein wesentlicher Faktor der Milchviehfütterung ( FRIESECKE (1984). Je nach den Gegebenheiten der einzelnen Betriebe ist die Fütterungsstrategie unterschiedlich zu organisieren. Die kostengünstige und wiederkäuergerechte Fütterung der Tiere bleibt jedoch wichtiges Ziel in allen Betrieben (GOLDENSTERN, FÜBBEKE, SPIEKERS u. GERIGHAUSEN, 1998).

### **3.2.3 Milchgewinnungsverfahren**

Die Verfahrenstechnik in den tropischen und subtropischen Regionen ist hauptsächlich von der Höhenlage abhängig, so daß die Produktionsbedingungen in den hohen Lagen keine große Abweichungen von denen in den gemäßigten Klimazonen zeigen. In den warmen Regionen der Erde dagegen treten spezifische Probleme bei der Produktion sowie bei der Be- und Verarbeitung von Milch auf (VAN DEN BERG, 1988) und (HANSEN, 1992). Dabei werden generell an das Milchgewinnungsverfahren hohe technische und hygienische Anforderungen gestellt. Hinzu kommen die Personal-, Milchentzugs-, Milchkühlungs- und Milchlagerungs- sowie Reinigungs- und Desinfektionsansprüche.

Während das Maschinenmelken in den Industrieländern nach MACKROTT (1994) aufgrund der besseren Melkbarkeit, des geringeren Arbeitszeitsbedarfs und der höheren Milchqualität eine Selbstverständlichkeit ist, findet in den tropischen Ländern das Handmelken, das als körperliche Schwerarbeit einzustufen ist, aufgrund des hohen Investitionsbedarfs für die Mechanisierung noch heute Anwendung, insbesondere in kleineren Tierbeständen. Neben dem hohen Investitionsaufwand verlangt eine Melkanlage eine ständige Verfügbarkeit von spezifischen Ersatzteilen sowie regelmäßige Wartung. Da beides oft nicht erfüllbar ist, verzichten viele Betriebe auf den Einsatz der Melktechnik (LOMMATZSCH, 1989).

Bei den Maschinen und der verfahrenstechnischen Gestaltung des Systems des mechanischen Milchentzugs gelten in den Tropen und Subtropen die gleichen Grundlagen wie in den entwickelten Milchproduktionsländern. Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch bei der Klimagegestaltung im Melkstand und zwar im Hinblick auf Mensch und Tier.

Der Autor empfiehlt, aufgrund der laktationsbedingten Anforderungen und denen, die aus der täglichen Routine resultieren, Verfahrensablaufpläne zu erstellen. Die die Kühe betreffenden Daten können konventionell oder auch durch computergestützte Informationssysteme erfaßt werden.

### **3.2.4 Entmistungsverfahren**

Die intensive Milchproduktion ist fast immer an Stallanlagen gebunden, die täglich entmistet werden müssen. Nach KAUFMANN (1996) werden 40 bis 60 % der aufgenommenen TS als Kot ausgeschieden. Eine sachgemäße Entmistung der in Milchproduktionsanlagen anfallenden tierischen Exkremente hat nicht nur hygienische und Aspekte des Umweltschutzes, sondern ist auch eine technologisch wichtige Aufgabe. Außerdem sind diese Exkremente wertvolle Abprodukte und daher von großer Bedeutung für die Verwertung in der Pflanzenproduktion, wo sie im Ackerbau, auf Weiden und in Dauerkulturen als organischer Dünger genutzt werden und Handelsdünger ersetzen können (THUM, 1987; LEGEL, 1989).

Nach LEGEL (1989) ist in den tropischen und subtropischen Gebieten das Flüssigmistverfahren mit Problemen verbunden, da der Investitionsbedarf für Kanalsysteme und Spaltenböden sehr hoch ist. Da solche Technologien kaum verwendet werden, ist eine funktionssichere Entmistung oft nicht möglich. Beim Festmistverfahren hingegen kann die Entmistungstätigkeit mit stationären oder mobilen Einrichtungen bzw. Geräten mechanisiert oder sogar automatisiert werden (BOXBERGER et al., 1994).

Die meisten Milchproduktionsbetriebe in den ariden und semiariden Gebieten praktizieren das Festmistverfahren. Dabei wird auf Einstreumaterial verzichtet, weil der Kot durch die hohe Temperatur schnell abtrocknet und der Harn schnell verdunstet.

### **3.2.5 Management und Tierpflege**

Unter dem Begriff „Management“ kann in der Milchviehhaltung die Produktionssteuerung und -überwachung verstanden werden.

„Wie effektiv die verfahrenstechnischen Voraussetzungen im Sinne einer wirtschaftlichen, tier- und umweltgerechten Milcherzeugung genutzt werden können, hängt wesentlich vom Management – also der Produktionsorganisation – ab“ (KAUFMANN, 1998). Ein Milchviehhaltungssystem wird durch das Zusammenwirken von Mensch, Maschinen und Gebäuden charakterisiert, dabei steht die Kuh im Mittelpunkt. Unter den vorherrschenden klimatischen Einflußfaktoren der Tropen ist eine stärkere Orientierung des Managements auf den Kuhkomfort erforderlich (SCHMIDT, 1999). Das bedeutet, den gesamten Verfahrensablauf auf die Bedürfnisse der Milchkühe auszurichten. Um die angestrebten Produktionsergebnisse bei geringsten Kosten zu erreichen, müssen alle Faktoren in diesem Bezugsgefüge aufeinander abgestimmt sein.

Nach KAUFMANN (1998) sollen die Produktionsziele im Rahmen des Managements genau definiert, alle am Verfahren beteiligten Komponenten hinsichtlich ihres Einflusses auf die Produktionsziele analysiert und nachteilige Auswirkungen abgestellt werden. Die Organisation der Produktionskontrolle (Planung, Leistung bzw. Ergebnisse), Verfahren der Leistungsfütterung und Charakterisierung der Herdenführung sollen einwandfrei funktionieren. Dabei sind besonders die Arbeitsorganisation und die Gestaltung der Reproduktion weitere wichtige Aspekte des Managements. Für eine Erklärung von Ursachen, möglichen Veränderungen oder nicht erreichten Produktionszielen sind neben der Kontrolle der Produktionsergebnisse genaue Beobachtungen der einzelnen Tiere hinsichtlich der Milchleistung, Fruchtbarkeit, Gesundheit, Nutzungseigenschaft, Futteraufnahme und Körperkondition erforderlich (KAUFMANN, 1996). Nach BUSCH, ELZE u. LANGE et al. (1989) kann dadurch außerdem die frühzeitige Erkennung von Krankheiten, Seuchen und besondere Gefahren gesichert werden.

Leistungsgerechter Futtereinsatz und genaue Kenntnis über die Inhaltstoffe der eingesetzten Futtermittel spielen bei der Wirtschaftlichkeit von Verfahren eine bedeutende Rolle KAUFMANN (1996). Dazu müssen bei Futtermitteln, wenn keine Herstellerangaben vorliegen und große Futterwertschwankungen zu erwarten sind, in gewissen Abständen Futtermittelanalysen durchgeführt werden. Erst dann ist eine wichtige Voraussetzung zur Rationsgestaltung geschaffen.

Ein Teil des Kraftfutters kann bei Laufstallhaltungen zweckmäßigerweise im Melkstand bei der Milchgewinnung verabreicht werden. Dies schafft neben der einfachen und wirtschaftlichen Mechanisierung der Kraftfutterzuteilung Bedingungen für einen zusätzlichen Anreiz zum Betreten des Melkstandes.

Eine ordnungsgemäße Tierpflege schafft die Grundlage, Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere zu erhalten sowie gesunde Qualitätsgüter kostengünstig zu erzeugen. Gleichzeitig gewährt sie den Schutz des Personals vor Verletzungen, Unfällen und Krankheiten, die vom Tier auf den Menschen übertragbar sind (BUSCH, ELZE u. LANGE et al., 1989).

KAUFMANN (1998) stellt in Tabelle 7 eine Zusammenfassung wichtiger Ereignisse und Maßnahmen dar, die die einzelne Kuh im Verlauf einer Laktation betreffen. Dabei umfasst die Reproduktion Aspekte, die Fruchtbarkeit, Leistung und Gesundheit der Tiere sichern. Mit dem Begriff der Fütterung werden ebenfalls Maßnahmen und Verantwortlichkeiten bestimmt, die die Rationsgestaltung, die leistungsbezogene Fütterung und die Verfahrensabläufe betreffen. Bei der Tierbehandlung und -kontrolle wird zwischen festgelegten und terminabhängigen Kontrollen und Behandlungen unterschieden. Unter sonstige Maßnahmen kommen Aktivitäts-

ten vor, die kontinuierlich oder in regelmäßigen Abständen stattfinden, wie z. B. Milchleistungskontrolle und Klauenschneiden.

*Tabelle 7: Leitlinien des Laktationsmanagements (Kaufmann, 1998)*

<b>Laktationsabschnitt (Tage)</b>	<b>Reproduktion</b>	<b>Fütterung</b>	<b>Tierbehandlung und -kontrolle</b>	<b>Sonstige Maßnahme</b>
0	Abkalbung		Geburtenüberwachung BU Milch (evt. Hemmstofftest)	Regelmäßige Leistungskontrolle Regelmäßige Gesundheitsüberwachung
1-7	Puerperium	Leistungsgruppe I	Puerperalkontrolle, Behandlung bei Bedarf	Klauenpflege Klauenbäder
8-30	Beobachtung I. Brunst			Ektoparasiten-Behandlung
31-150	Weitere Brunst-Beobachtung Besamung Festlegung der Serviceperiode evtl. Selektionsentscheidung Trächtigkeit		Trächtigkeitskontrolle	
151-340		Leistungsgruppe II		
56 ante partum	Trockenstellen	Futtergruppe T I	Mastitisprävention	
14 ante partum	Vorbereitung auf Abkalbung	Futtergruppe T II	Vakzinierung evt. D3-Applikation	

### 3.3 Verfahren der Futterstrohbereitstellung

Ein erfolgreicher Einsatz von Stroh setzt die Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Stroh voraus. Die Effekte eines Futterbereitstellungsverfahrens werden hauptsächlich an ihrem Einfluß auf die Kostensenkung gemessen. Dafür sollen technische und technologische Möglichkeiten genutzt werden. Die Bewertung von Verfahren für einen bestimmten Zweck setzt die Analyse möglicher Varianten voraus. Deshalb ist eine Analyse der einzelnen Glieder der Verfahrenskette wie z.B. Erntemaschinen mit den bis zur Einlagerung benötigten Transport- und Umschlagmitteln notwendig, um eine technologische und ökonomische Einschätzung der Strohbereitstellung vornehmen zu können (DAMMER und PAPESCH,

Strohbereitstellung vornehmen zu können (DAMMER und PAPESCH, 1989). Nach MARX und BRÖHL (1985) spielen dabei die Auswahl geeigneter Ernteverfahren und der Einsatz zweckmäßiger Transporttechnik bei der Optimierung des Grobfuttertransports eine Rolle.

Jede Maschinenlinie widerspiegelt so eine Variante für die Prozeßfolge von der Strohernte über Umschlag, Lagerung und Transport bis zum Verbrauch.

Bei Varianten zur Kompaktierung des Futterstrohs (Einsatz von Pressen unterschiedlicher Bauart) erfolgt die Betrachtung der logistischen Ketten durchgängig vom Feld bis zum Lager am Verbrauchsort. Logistische Ketten sind ganzheitlich zu gestaltende und zu bewertende Folgen von Verfahrensgliedern, die, an den Schnittstellen aufeinander abgestimmt, die Herstellungs-, und Verwertungsprozesse mit den Transport-, Umschlag- und Lagerungsprozessen stofflich, energetisch und informationell verknüpfen (HAHN und FÜRLL, 1995). Dabei sollten sowohl die Effekte, die durch eine mechanische Behandlung des Strohs erzielt werden können, untersucht werden als auch Maßnahmen, die eine Verbesserung der Verdaulichkeit im Stroh enthaltener Nährstoffe bewirken.

Eine Bewertung der Verfahren zur Strohbereitstellung kann unter anderem anhand eines Kostenvergleichs der Verfahrensketten durchgeführt werden. Für diese Kette sollen einige Modellfälle definiert werden. Hierzu wird nach HARTMANN (1995) anschließend eine Liste von Einflußgrößen und Modellvariablen erstellt und quantifiziert. Dabei handelt es sich zwar um Stroh als Brennstoff, die Kostenminimierung hat aber auch dabei Vorrang. Bei Futterstroh treten Qualitätsmerkmale hinzu. Weiterhin sollten umweltrelevante Aspekte, die anhand der aufgewendeten Kraftstoffmengen zurückzuführen sind, einbezogen werden. Unter den Modellvariablen werden im Wesentlichen die Kostenangaben zum Maschineneinsatz sowie die Arbeitszeitdaten und die technischen Kenndaten verstanden.

Um eine annähernde Vergleichbarkeit der Kosten je bereitgestellte Futterenergie zu ermitteln, müssen möglichst einheitliche Basisdaten und Grundannahmen gefunden werden. Daher ist eine direkte Kostenübernahme aus der Literatur ohnehin nicht möglich. Gegebenenfalls bedarf es oft weiterer Anpassungsrechnungen (HARTMANN u. STREHLER, 1995). Die kalkulierten Kosten ermöglichen eine grobe Anordnung und den Vergleich der Verfahren. Diese sollen möglichst Informationen über den aktuellen Stand und die Entwicklung der Technik beinhalten. Nach HARTMANN und STREHLER (1995) enthält die Strohbereitstellung folgende Teilkosten:

- Strohkosten,
- Erntekosten,
- Transport-, Umschlags, und Lagerungskosten und
- Aufbereitungskosten

Im Rahmen des Kostenvergleichs ist es notwendig, für die einzelnen Kostengruppen verschiedene Varianten zu berechnen (z.B. verschiedene Ballenformen). Die Gesamtkosten entstehen dann als Summe der aggregierten Teilkosten der gewählten Verfahrenskette. Die Verfahrensketten der Futterstrohbereitstellung werden in Abbildung 7 dargestellt.

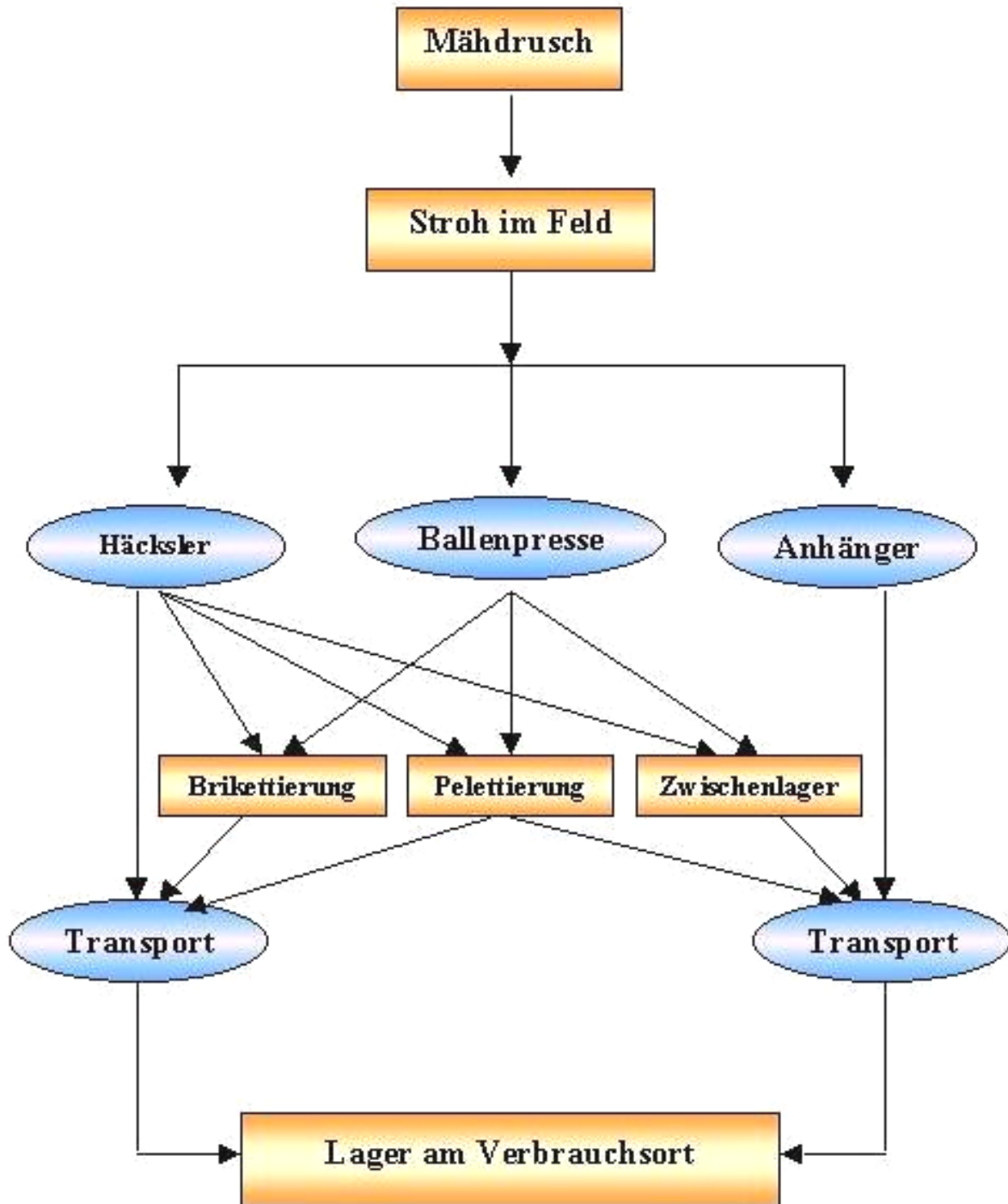


Abb. 7: Abschnitt der logistischen Kette für die Futterstrohbereitstellung (Prozeßfolge nach Hahn und Fürll, 1995)

Durch eine Optimierung der gesamten Bereitstellungskette – einerseits durch die Verbesserung der jeweils eingesetzten Technologien und andererseits auch durch das optimierte Zusammenspiel der einzelnen Systemkomponenten – ist eine solche Aufgabe lösbar (KALTSCMITT, 1995). Dabei besteht ein besonderes Interesse an den Verfahrensabschnitten Gutaufnahme bis erste Lagerung einerseits und Straßentransport andererseits (Abbildung 7).

Beim stufenweisen Vorgehen können bestimmte, gegebenenfalls besonders rationalisierungsbedürftige Teilsysteme aus der logistischen Kette herausgelöst werden, wenn man die an den Schnittstellen zutreffenden Kapazitäts- und Qualitätsansprüche berücksichtigt (HAHN und FÜRL, 1995).

### 3.3.1 Strohernte

Stroh fällt bei der Getreideernte an. Es soll möglichst schnell geborgen werden, um Qualitätsbeeinflussung zu vermeiden.

Um die Kapazität der verfügbaren Transportfahrzeuge auszulasten, ist bei spezifisch leichten Gutarten wie Stroh eine Dichteerhöhung über das Kompaktieren erforderlich. Dabei erweist sich als sinnvoll, mehrere Strohbergevarianten in Verbindung mit der Transportentfernung und allen entstehenden Kosten untereinander zu vergleichen, um eine Vorzugslösung zu erzielen. Die Erzeugung von Strohballen wird hauptsächlich repräsentiert durch

- Hochdruckballenlinie
- Rundballenlinie
- Quadergroßballenlinie.

Weiterhin haben die sowohl mobil als auch stationär hergestellten Strohriketts und –pellets bei der Ausnutzung der Transport- und Lagerkapazitäten praktische Bedeutung erlangt (HÄNEL, 1984). Strohernte in Form von Kleinballen, Lang- oder Schneidgut (ungebundenes Preßgut) und Häckselgut kann diese Anforderungen nicht genügend erfüllen. Der Grund liegt nach DAMMER u. PAPESCH (1989) darin, daß bei der durchgängigen Gestaltung der Ernteprozesse, ausgehend von der Strohaufnahme und –konsistenzänderung über Strohtransport und –einlagerung bis zur Strohlagerung folgende Schwierigkeiten auftreten:

- Mit Schüttdichten von 40 bis 50 kg/m<sup>3</sup> bei der Bergung von Hochdruckpreßballen kann der Transport- und Bergeraum nicht ausgelastet werden.
- Strohbergung und Freilagerung sind mit z.T. hohen Verlusten verbunden.

In Abbildung 8 wird die zu erzielenden Lagerungsdichte in Abhängigkeit von den Ernte- bzw. Bearbeitungsformen dargestellt.



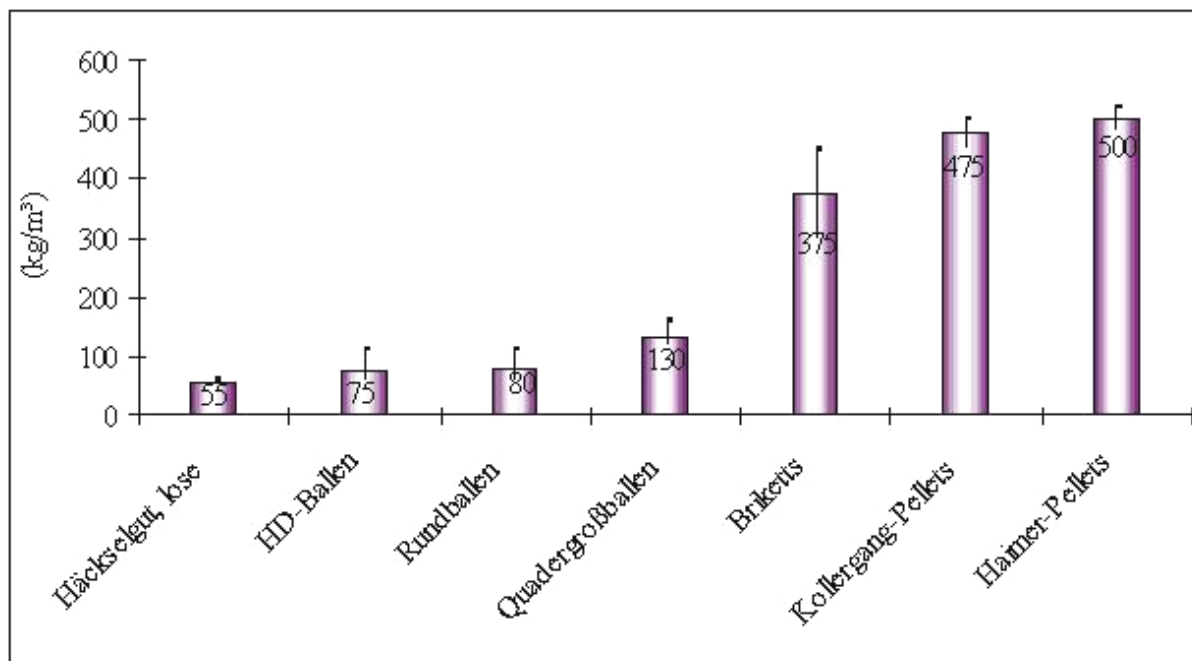


Abb. 8: Mittlere Lagerungsdichten unterschiedlicher Ernteformen von Getreidestroh (nach Achilles, 1984 Hartmann, 1995, und Fürll, Gläser und Hempel, 1996)

Die Strohbergung mit Großballenpressen hat international an Bedeutung gewonnen. Dadurch läßt sich die ganze Verfahrenskette vom Pressen im Feld über das Laden, Transportieren, Ein- und Auslagern bis hin zum Verbrauchsort voll mechanisieren (BERTMANN, 1991). Die Vorteile der Großballenpressen in der Strohernte im Vergleich zur Ernte von Kleinballen werden von UEBE u. SCHÄFER (1990) folgendermaßen angegeben:

- Verringerung des Energiebedarfs
- Reduzierung des Bindegarnbedarfs
- Senkung des Bedarfs an Arbeitszeit
- Verminderung des Materialeinsatzes, der Kosten und des Lagerflächenbedarfs.

Dies kann anhand der durch Quadergroßballen erreichbaren mittleren Preßdichten von ca. 140 bis 150 kg/m³ und einer Ballenmasse von 280 bis 320 kg sichtbar gemacht werden. Diese Preßdichten sind etwa um 25 % höher als bei normalen Hochdruck- und kleinen Rundballen. Im Vergleich zu größeren Rundballen ist die Verdichtung um 35% verstärkt worden (BERTMANN, 1991). Bertmann unterstellt Schüttdichten von HD-Ballen = 130, Rundballen = 120 und Quadergroßballen = 150 kg/m³ und gibt folgende Punkte an, die für den Einsatz von Quaderballen sprechen:

- hohe Leistungen beim Pressen, Zusammenfahren, Laden oder Stapeln
- gute Ausnutzung von Transport- und Lagerraum
- gute Verteil- und Dosiermöglichkeiten
- große Stapelhöhen durch kantige Form und formstabile Ballen mit Längen über 2 m.

Die als Nachteile dieser Pressenvariante angegebenen hohen Anschaffungspreise und der Leistungsbedarf lassen sich durch höhere Leistungen beim Pressen, Zusammenfahren, Laden und Transportieren ausgleichen, besonders wenn das Stroh über größere Entfernungen transportiert werden muß. Der Bindegarnverbrauch bei Rundballen vermindert sich (UEBE u. SCHÄFER, 1990) im Vergleich zur Kleinballenernte auf 60 %.

Neben der Ballenlinie hat die Herstellung von Pellets und Briketts, die zu niedrigen Transportkosten und vereinfachter Handhabung bei der Endverwertung führt, eine große Bedeutung. Für die Herstellung dieser schüttfähigen und hochverdichteten Futtermittel kommen sowohl stationäre als auch selbstfahrende Pelletier- und Brikettiermaschinen in Frage HARTMANN u. STREHLER (1995). vergleichen die variablen und die Investitionskosten beider Anlagen, die sich 1995 noch in einem Pilotstadium befanden (Tabelle 8).

*Tabelle 8: Kostenvergleich für stationäre und selbstfahrende Maschinen zur Strohpelletierung*

<b>Kosten (DM)</b>	<b>stationäre Anlage</b>	<b>selbstfahrende Erntemaschine</b>
<i>Anschaffungskosten</i>	<i>600.000</i>	<i>900.000</i>
<i>Annuität</i>	<i>85.400</i>	<i>128.160</i>
<i>Wartung, Unterbringung, Versicherung</i> <i>(pauschal 2 % bzw. 2,5 %)</i>	<i>12.000</i>	<i>22.500</i>
<b>Summe jährlicher Festkosten</b>	<b>97.440</b>	<b>150.660</b>
<b>Variable Kosten (pro t)</b>	<i>ca. 26</i>	<i>ca. 34</i>
<b>Gesamtkosten (pro t)</b>	<i>ca. 35</i>	<i>ca. 84</i>

Die stationäre Anlage weist einen Materialdurchsatz von 5 t/h und eine jährliche Einsatzdauer von 2200 Betriebsstunden auf. Dabei sind unter Anschaffungskosten die Kollergangpresse und die Peripherie (Ballenauflöser, Hammermühle, Radlader, etc.) zu verstehen.

Bei der selbstfahrenden Erntemaschine wurde eine Durchsatzleistung von 6 t/h und eine jährliche Feldeinsatzdauer von 500 Betriebsstunden unterstellt.

Die Annuität beinhaltet bei beiden Maschinen eine Nutzungsdauer von 10 Jahren und 7 % Zinssatz. Zu den Gesamtkosten beider Verfahren sind Schwadmähkosten und Lagerkosten

hinzuzurechnen. Um die beiden beschriebenen Pelletierungslinien miteinander vergleichen zu können, weisen die Autoren darauf hin, daß die stationäre Variante um die Kosten der Ballenlinie (Pressen, Transport, Ballenzwischenlagerung) erweitert werden muß. Zur Veranschaulichung der Kostendifferenzen erfolgt eine Kostendarstellung in Tabelle 9.

*Tabelle 9: Summe der Teilkosten für die verschiedenen Verfahrensketten der Futterstrohbereitstellung (Hartmann und Strehler, 1995)*

<b>Verfahren</b>	<b>Kosten der Getreidestrohbereitstellung (DM/t)</b>		
	<b>Rundballen</b>	<b>Quadergroßballen</b>	<b>Pelletierung</b>
<i>Schwadmähen nach grain stripping</i>	10	10	10
<i>Pressen</i>	32	40	40
<i>Transport<sup>1)</sup></i>	18	13	13
<i>Ballenlagerung<sup>2)</sup></i>	15	11	11
<i>stationäre Pelletierung<sup>3)</sup> (inkl. Ballenlinie)</i>	-	-	37
<b>Summe</b>	<b>80</b>	<b>79</b>	<b>116</b>

1) inklusive Beladen, mittlere Transportentfernung Feld - Hof: 2 km

2) ohne Lagerungsverluste, nur Versicherung und Instandhaltungskosten

3) inklusive Pelletierung

Aus Tabelle 9 ist ersichtlich, daß die kubischen Großballen im Vergleich zu Rundballen und Pellets hinsichtlich der Gesamtkosten besser abschneiden. Unter Berücksichtigung einer Transportentfernung von jeweils 10 km bis zum Endverbraucher werden Transportkosten von ca. 2,25 DM/m<sup>3</sup> zu den in der Tabelle 9 angegebenen Kostensummen angerechnet. Dabei entstehen zusätzliche Kosten von 20,50 DM für Rundballen, 18,00 DM für kubische Großballen und 3,80 DM für Pellets je Tonne.

### **3.3.2 Transport und Umschlag von Stroh**

Einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Effektivität des Strohtransports hat die pro Transporteinheit beförderte Lademasse, die sich aus Ladevolumen und Schüttdichte ergibt. Hierbei spielt nicht nur großes Ladevolumen sondern auch die Entwicklung der Schüttdichte eine beachtliche Rolle (HEIMBÜRGE, EBERTH u. RICHTER, 1988).

Durch die Stückguttechnologie besteht die Möglichkeit, Transport und Umschlag von Stroh ökonomisch günstiger zu gestalten. Denn das schwächste Glied der Strohbergung in der Häckselgutlinie ist der Strohtransport, da die verhältnismäßig geringen Lademassen dazu füh-

ren, daß die Preßgutlinie gegenüber der Häckselgutlinie bevorzugt wird (SORGE, 1973). Vergleichsuntersuchungen von HÄNEL u. MARX (1990) zeigen, daß bei Strohballen quaderförmige, hochverdichtete und mehrfach gebundene Einheiten, die Quadergroßballen, eine besondere Lösung darstellen. Quadergroßballen haben höchste Transportwürdigkeit, vor allem auch unter dem Gesichtspunkt des überbetrieblichen Transports (HÄNEL u. MARX, 1990). Die hohe Raumdichte der Quaderballen ermöglicht eine gute Auslastung von Transportfahrzeugen und eine gute Nutzung von Lagerraum (BERTMANN, 1991). Ihre günstigere Eignung für kontinuierliche Herstellung, Transport und Lagerung gegenüber den anderen Ballen- und Häckselformen bleibt unbestreitbar und ist wegen der entsprechenden Pressen vorrangig dort zu finden, wo Stroh verkauft wird und über größere Entfernungen transportiert werden muß (BERTMANN, 1991). Ferner ist der Arbeitsaufwand gering. BERNHARDT u. SCHERBARTH (1990) sowie BERTMANN (1991) setzen einige Anforderungen für Quadergroßballen und Rundballen:

- Zur Einhaltung der Transportbreite sollten Rundballen mit 120 cm Breite bevorzugt werden.
- Bei Nutzung öffentlicher Wege für den Transport sollten Quadergroßballen und Rundballen auf dem Lkw gesichert werden.
- Quadergroßballen sind in ihrer Länge quer zur Fahrtrichtung anzuordnen, dabei soll darauf geachtet werden, die zugelassene Gesamthöhe von 4 m nicht zu überschreiten. Die Pritschenhöhe liegt zwischen 0,80 m bei Spezialanhängern und ca. 1,20 m bei Lkw.

Bei den Rundballen wird im Vergleich zur Ernte mit Hochdruckpressen ein zusätzlicher Effektivitätsvorteil dadurch erzielt, daß der Transport der Rundballen unabhängig vom Pressen durchgeführt werden kann, da die Rundballen nicht sofort vom Feld geräumt werden müssen. Geringe Niederschlagsmengen verbleiben durch die gewölbte Oberfläche und tangentialen Anordnung der Strohhalme in der äußeren Schicht der Rundballen, wodurch eine Rücktrocknung möglich ist (UEBE u. SCHÄFER, 1990). Dadurch entfallen die Ausfallzeiten für die Transporteinheiten.

BERTMANN (1991) berichtet dagegen davon, daß die Bergeleistung von Quaderballenpressen dreimal so hoch sein können wie bei Rundballenpressen. Außerdem schätzen Landwirte den Vorteil der Quaderballen im Vergleich zu Rundballen, da sie sich nach dem Lösen des Bindegarns schichtweise entnehmen und verteilen lassen. Analyseergebnisse von FERRERO (1993) über den Strohtransport zeigen außerdem, daß Rundballen aufgrund ihres geringen Füllungsgrades keine günstige Bedingung für das Transportverfahren darstellen.

Weiterhin berichten HEIMBÜRGE, EBERTH u. RICHTER (1988) aus ihren Untersuchungsergebnissen, daß durch engere Preßkanaleinstellung und Ballenlängenverkürzung Lademas-senerhöhungen zwischen 45 % und 80 % erreicht werden.

Der Umschlag der Rund- und Quadergroßballen sowohl auf dem Feld als auch im Lager erfolgt mit einem Kran oder Frontlader bzw. Gabelstapler. Damit können Ballenschichten errichtet werden, die aus Gründen der Arbeitssicherheit bei Rundballen fünf Schichten nicht überschreiten dürfen (UEBE u. SCHÄFER, 1990). Zur Verringerung der Feldfahrstrecke für den Kran können die Ballen mit einem Heck- bzw. Frontlader zum Feldrand eingesammelt werden. Neuere Forschungsarbeiten stützen sich bereits auf die satellitengestützte Positionsbestimmung (Ortung) zur Optimierung des Sammelprozesses für Großballen. Durch die Nutzung satellitengestützter Ortungssysteme (Global Positioning Systems) ist es möglich, die Position von Objekten wie z.B. Großballen auf dem Feld mittels Satelliten zu bestimmen. Diese Positionsangaben werden dann in Optimierungsprozessen verwendet und können hiermit zum Einsparen des Transportweges sowie zur Schonung der Ressourcen beitragen (HORN, 1999).

Die Transportfahrzeuge müssen auf die Form des Transportgutes abgestimmt sein. Während die landwirtschaftlichen Anhänger für die kurzen Feld-Hof-Entfernungen eingesetzt werden, kommen nach HARTMANN (1995) für die große Entfernungen nur Tieflader (für Ballen), Lastwagen (für Ballen und Schüttgut) sowie Container (für Schüttgut) in Frage. Dabei wird die nutzbare Ladekapazität mit Pellets oder Quaderballen voll ausgeschöpft. Abbildung 9 verdeutlicht diese Aussage.

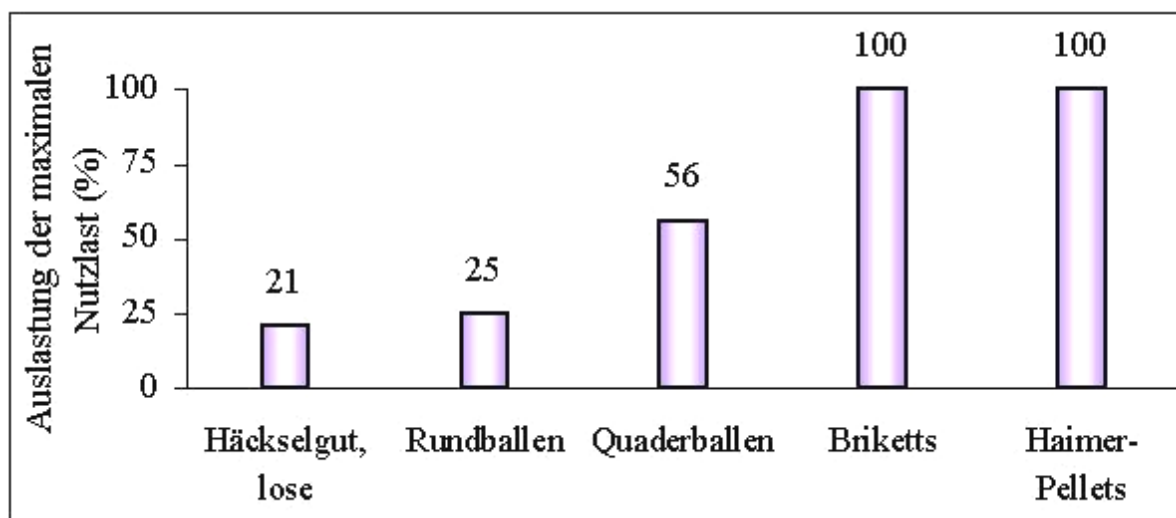


Abb. 9: Auslastung der zulässigen Nutzlast von Straßentransportfahrzeugen bei unterschiedlichen Ernteformen für Getreidestroh. (nach Hartmann, 1995)

Aus Abbildung 9 geht hervor, daß durch Erzeugung von Briketts oder Pellets eine hundertprozentige Auslastung der zulässigen Nutzlast möglich ist. Der Transportvorteil ergibt sich somit aus der Verdichtung des Gutes und Raumauslastung.

Beim Transport der Großballen ist in der Regel eine Ladegutsicherung erforderlich. Sie gewährleistet, daß die obere und die untere Ballenschicht durch die an einem Längsbügel oben und unten befestigten Zinken verbunden werden.

### **3.3.3 Strohlagerung**

Unter europäischen Bedingungen und bei hohen Niederschlägen sollte die Lagerung von Futterstroh generell unter Dach erfolgen. Bei Nichtvorhandensein von bedachten Lagern soll dafür gesorgt werden, daß besonders während unerwünschter Witterungsbedingungen eine Abdeckungsmöglichkeit des Lagergutes möglich ist. Im ungeschützten Ballenfreilager können die Ballen je nach Niederschlagshöhe und Lagerungsdauer eine verdorbene Randschicht von 5 bis 15 cm aufweisen. Bei einem Durchmesser von 160 cm eines Rundballen entspricht dies einem Verlustanteil von ca. 20 % (UEBE u. SCHÄFER, 1990).

STROMEYER (1982) weist daraufhin, daß bei der Konzeption moderner Strohberge- und Strohlagerungsverfahren der Dichteinfluß auf die Lagerqualität nicht vernachlässigt werden darf. Dabei sind folgende Lagerverhalten von Stroh in verschiedenen Dichtebereichen zu beachten:

- zulässige Höchstgrenzen der Einlagerungsgutfeuchte
- Temperaturentwicklung während der Lagerung
- mikrobiologische Prozesse und
- Einregnungsverluste bei der Lagerung im Freien

Zu hohe Einlagerungsfeuchte und Einregnen bei der Lagerung führen mit zunehmender Dichte zur Erhöhung der Lagertemperatur und zur Bildung von Schimmelpilzen, die als Schadenserreger bei der Lagerung von Stroh bekannt sind. Daraus resultiert eine erhebliche Beeinträchtigung des Futterwertes. Nicht zu unterschätzen ist nach STROMEYER (1982) auch das Auftreten von Aktinomyzeten, die in den Erhitzungsherden vorkommen. Das Inhalieren von Aktinomyzeten bei der Arbeit mit Heu und Stroh kann bei Menschen und Tieren Schadwirkungen und ernste Krankheiten hervorrufen.

Zur Feststellung der Qualitätsbeeinträchtigung während der Lagerung erwies sich die sachkundige und gewissenhafte sensorische Einschätzung als eine gute und für die Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis zweckmäßige Methode. Auch im Falle von Freidiemen ist eine wettergeschützte (mit losem Stroh oder Folien bedeckt) Lagerung möglich, wenngleich diese eine Unterdachlagerung nicht ersetzen kann (BERNHARDT u. SCHERBARTH, 1990). Angaben über die Produktionskapazität eines Betriebes liefern wichtige Hinweise für die Bauplanung von Lagerräumen bzw. Lagern. Dabei sollen Richtwerte für Lagerhöchstbestand, Lagerbedarf und Mindestlagerraumbedarf ermittelt werden. Futtermittel stellen besonders hohe Anforderungen an die Bereitstellung geeigneter und ausreichender Lagerkapazitäten (MÜLLER u. PRÜFER, 1979). Quadergroßballenverfahren zeichnen sich weiterhin durch ihren großen Effekt im Bergeraum aus. Die folgende Tabelle verdeutlicht diese Aussage:

*Tabelle 10: Vergleich der Lagerung von Ballen unterschiedlicher Dichte im Typenbergeraum 54 x 18 x 6 (nach Hänel und Marx, 1990)*

<b><i>Ballendichte</i></b> <b><i>(kg/m<sup>3</sup>)</i></b>	<b><i>Bergrauinhalt</i></b>		<b><i>Relative Bergeraumkosten</i></b> <b><i>(%)</i></b>
	<b><i>(t)</i></b>	<b><i>(%)</i></b>	
80	232	100	100
120	462	198	50
130	500	215	47
140	539	231	43
150	578	248	40
160	616	264	38

Aus der Tabelle 10 ist ersichtlich, daß mit zunehmender Dichte eine hohe Auslastung des zur Verfügung stehenden Bergeraums und die Senkung der Bergeraumkosten möglich ist.

### **3.4 Futterwerterhöhung von Stroh**

Aufgrund seines hohen Rohfaseranteils ist Stroh in erster Linie als Futtermittel für Wiederkäuer geeignet. Sein enzymatischer Abbau liefert nicht nur Metaboliten für den Energiestoffwechsel, sondern für die Produktsynthese in Form des dem mikrobiellen Abbau entstammenden Spaltprodukts Azetat, den Grundbaustein für die Milchbildung. Getreidestroh besteht überwiegend aus Zellwandfraktionen. Weizenstroh z.B. enthält nach MALER (1976) und BERGNER (1980) 43 - 46 % Rohzellulose, 21-23 % Pentosane und 16 - 17% Lignin.

ZIMMER et al. (1974) und MÜNCHOW (1976) konnten nach der Weender Analyse feststellen, daß 1 kg TS Weizenstroh bei einer organischen Substanz von 94,5 g/kg TS, einen Gehalt an Rohprotein von 4,3 %, Fett von 1,2%, Rohfaser von 52,9 %, Rohasche von 5,5 % und N-freie Extraktstoffe von 36,1 % enthält. Somit beträgt die Energiekonzentration 3,6 MJ NEL/kg TS (BERGNER, 1980; JEROCH, FLACHOWSKI und WIESSBACH, 1993). Bezogen auf die organische Substanz liegt die Verdaulichkeit bei 43 - 45 %.

Der potentielle energetische Nährwert von Weizenstroh wird sich für Wiederkäuer in der Regel nicht von dem des Getreides unterscheiden (LOTTMANN, 1978; GIVEN u. MOSS, 1993). Dagegen ist aber der energetische Nährwert dieses Futters in seiner natürlicher Form gering, da Strohzellulose schwer verdaulich ist. Je niedriger die Verdaulichkeit ist, desto größer ist die Verweildauer im Verdauungstrakt, die zu geringer Strohaufnahme führt. Damit liefert Stroh nur geringe Mengen an Kohlenhydraten und ist arm an anderen Nährstoffen, besonders an Stickstoff, Mineralien und Vitaminen (CHENOST, 1999). Zu berücksichtigen ist der generelle ernährungsphysiologisch negativ korrelierte Zusammenhang, daß je Steigerung des Rohfasergehalts in der Ration die Verdaulichkeit aller anderen Nährstoffe negativ beeinflusst wird (BERGNER, 1980). Trotz seiner Eignung in der Wiederkäuerernährung wird Stroh von GAEDE (1979), PERWANGER (1983), OWEN, ODOI u. OSAFO (1993) durch folgende negative Merkmale charakterisiert:

- geringe Nährstoffkonzentration
- niedrige Verdaulichkeit
- nicht nennenswerter Eiweißgehalt
- ein relativ niedrige Mineralstoffangebot
- geringe Schmackhaftigkeit
- eine auf den Nährstoffgehalt bezogen relativ hohe Transportbelastung.

In der Wiederkäuerfütterung resultieren daraus eine geringe Futteraufnahme und Verdaulichkeit, weshalb Stroh vor der Verfütterung aufbereitet werden sollte.

Das Ziel der Strohbehandlung besteht in der Erhöhung seines Futterwerts durch die Verbesserung der Verdaulichkeit und damit der Futter- und Energieaufnahme der Wiederkäuer aus geringwertigen Rohfuttermitteln (LEGEL, 1999).

Bei der Strohaufbereitung für Futterzwecke wird zwischen mechanischen bzw. physikalischen, chemischen und biologischen Aufschlußverfahren unterschieden (Abbildung 10).



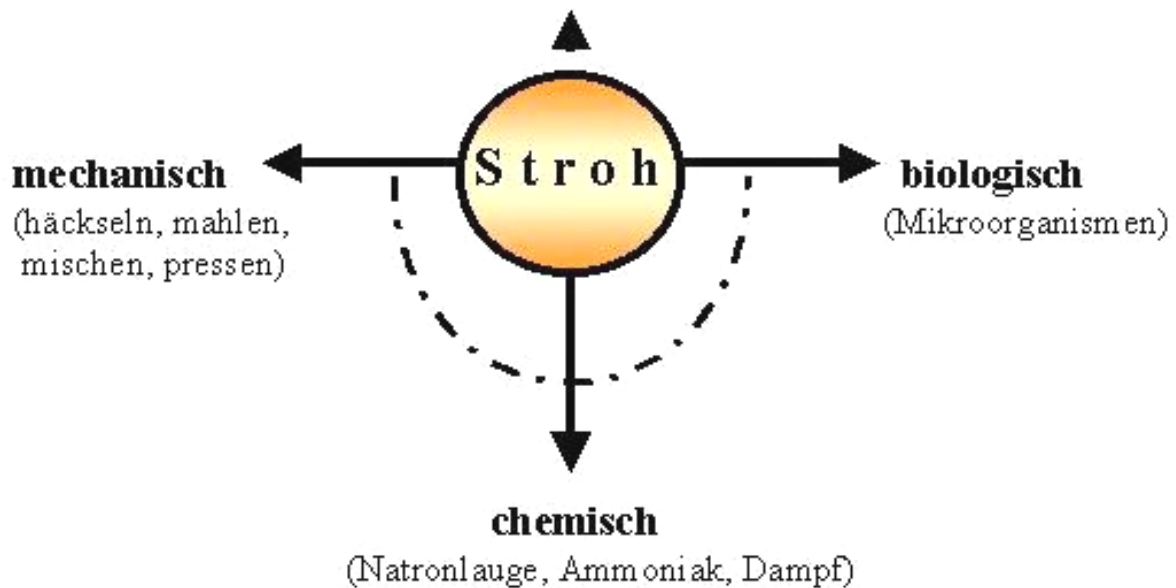


Abb. 10: Möglichkeiten der Strohaufbereitung für Futterzwecke (nach Kreuz, 1974 und Perwanger, 1983)

### 3.4.1 Einfluß der mechanischen Strohhbehandlung

Zur Verbesserung des Futterwertes kann die mechanische Aufbereitung von Stroh genutzt werden. Sie erfolgt mit Hilfe von Häckslern, Strohspaltern, Strohrefßern, Hammermühlen oder anderen Zerkleinerungsaggregaten. Aber allein durch mechanische Behandlung gelingt es nicht, einen nennenswerten Nährstoffaufschluß zu erzielen bzw. die innige Verbindung zwischen der Zellulose und den inkrustierenden Substanzen zu lösen, wenn auch die Futteraufnahme erhöht und die Passagegeschwindigkeit im Verdauungstrakt beschleunigt wird (KREUZ, 1974; GÜTHER, 1977; PERWANGER, 1983). Für diesen Zweck empfiehlt PERWANGER, das Stroh für Wiederkäuer auf ca. 5 cm Häcksellänge zu zerkleinern und für die Geschmacksverbesserung z.B. mit Melasse anzureichern. BERGNER (1980) empfiehlt einen mindesten Zerkleinerungsgrad von 10 mm, da die so dringend notwendige Wiederkauaktivität gerade hier beim Stroh von großer Bedeutung ist.

Hauptziel des Zerkleinerns sowie der evtl. anschließend vorgenommenen Kompaktierung des Strohs mit bzw. ohne weitere Zuschlagsstoffe durch Pelletier- oder Brikettierpressen ist einerseits die Verringerung des Transport- und Lagervolumens sowie andererseits die ernährungsphysiologisch bedeutsame Erhöhung der Strohaufnahme und somit der Energieaufnahme (JEROCH, FLACHOWSKY und WEIßBACH, 1993). Durch die Zerkleinerung und Verdich-

tung kann jedoch keine Verdaulichkeitserhöhung erreicht werden, sie kann sogar durch die erhöhte Passagengeschwindigkeit im Verdauungstrakt sinken (LOTTMANN, 1978).

Die Effekte der Lignifikation können nach ADAS (1984) durch mechanische Behandlung nicht reduziert werden. JACKSON (1978) gibt z.B. eine Erhöhung der Aufnahme um ca. 30 % durch das Mahlen von Stroh an. Die Nettoenergieaufnahme ist dabei zwar etwas höher als beim Häckseln, aber der Mahleffekt erbringt lediglich die Hälfte des Effekts der chemischen Behandlung, so daß durch eine Verknüpfung beider Methoden gute Resultate erzielt werden können. Andererseits ist eine erfolgreiche Pelletierung, Brikettierung und Erzeugung von Feed Blocks mit Futterstroh als einzige Komponente schwer zu garantieren, weil die Gefahr besteht, daß das Produkt während des Umschlags, Transports und bei der Lagerung zerfällt. Bindemittel wie z. B. Melasse und Stärke sind daher dringend zu empfehlen.

Auch ein vergleichender Versuch über die Futteraufnahme von gehäckseltem Stroh und Langstroh von BERG et al. (1984) bestätigt die Aussage, daß die Strohaufnahme mit zunehmendem Zerkleinerungsgrad ansteigt. Der Autor bestätigt, daß sich die Futteraufnahme von stark zerkleinertem, mit Silagen gut vermischtem Stroh gegenüber Langstroh etwa verdoppelt. Ein weiterer Aspekt des Häckselns ist die gegenüber dem losen Strohtransport erhöhte Raumdichte. Die mittlere Masse von 1 m<sup>3</sup> lose aufgeschüttetem Häckselstroh beträgt 21,3 kg, bei Pellets mit einem Strohanteil von bis zu 70 % dagegen ca. 45 kg. Gegenüber Häckselstroh erhöht sich der Gehalt an umsetzbarer Energie von pelettiertem Strohmehl um etwa 40 %, da durch die kurze Verweildauer im Pansen der Wiederkäuer ein Mehrverzehr auftritt (DORNHEIM, GERLACH u. ULRICH, 1974). Strohpellets können sowohl als alleinige Komponente als auch in Gemischform wie z. B. Stroh-Kraftfutter-Pellets, Stroh-Trockengrün-Pellets hergestellt werden. Nach FERRERO (1993) jedoch sind die Produktionskosten von Pellets bzw. der Investitionsbedarf der Pelletieranlagen sehr hoch. Er empfiehlt, solche Anlagen ganzjährig zu nutzen.

### **3.4.2 Einfluß der chemischen Strohbehandlung**

Um die Verdaulichkeit von Stroh und damit dessen Futterwert wesentlich zu erhöhen, versucht man, den Ligninpanzer der Strohzellen weitgehend aufzulösen.

Mit Hilfe des Aufschlußverfahrens wird Stroh zu einem hochwertigen Futtermittel (LOTTMANN, 1978; GÖTZ, 1978; JACKSON, 1978); GAEDE, 1979; BURGSTALLER, 1983; JEROCH, FLACHOWSKI u. WEIßBACH, 1993).

Der Zugewinn an Nettoenergie ist bei behandeltem Stroh mit 1 bis 1,5 MJ/kg Stroh-TS zu veranschlagen. Verfahrenstechnisch wird das System so beschrieben, daß der Strohkomplex, der aus Zellulose, Pentosanen, und Ligninsäuren oder deren Muttersubstanzen besteht, gelöst bzw. zerlegt werden muß, um damit den Mikroben im Darmkanal der Tiere Zugang zu verschaffen. Durch die Lockerung der "Sperrklinke" im Stroh wird eine Erhöhung des Anteils der nutzbaren Bestandteile der Zellulosesubstanz, der für die Verdauungssäfte im Tiermagen angreifbar ist, erreicht. Selbst nach einer solchen Behandlung sind zusätzliche Energie und Eiweiß notwendig, um den Tieren die Möglichkeit zu gewähren, aus dem Stroh mehr als eine Erhaltungsdeckung zu ziehen. Diese Energie und das Eiweiß werden nach HARRISON u. FARMLAB (1993) von den Pansenmikroben als Nährstoffe genutzt, um eine Zerstörung der zellulotischen Strukturen von Stroh zu ermöglichen.

Als Aufschlußmittel für Stroh kommen Laugen ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ) und ammoniakhaltige Verbindungen ( $\text{NH}_3$ -Gas,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO(NH}_2)_2$ ) in der Literatur häufig vor. (ALI, 1980) Z.B. wird nach PERWANGER (1983) Stroh in 15 - 20 %iger Natronlauge eingeweicht und anschließend mit der 50fachen Wassermenge, bezogen auf das Strohgewicht, neutralisiert. Bei dem so behandelten Stroh soll sich die Verdaulichkeit von 45 auf ca. 70 % erhöhen und der energetische Futterwert nahezu verdoppeln. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Strohart, der Vegetationsverlauf und die klimatischen Einflüsse den Effekt beeinflussen. Als nachteiliger Effekt des Naßverfahrens wird genannt, daß der Arbeitsaufwand sehr hoch, die notwendige Wassermenge und die damit verbundenen Auswaschungsverluste von Trockensubstanz (bis 20 %) sehr hoch sind. Von der Auswaschung sind insbesondere leichtlösliche Kohlenhydrate, Mineralstoffe und lösliche NPN-Verbindungen betroffen. Damit sind auch die Abwasserverunreinigungen sehr hoch. Der Aufschlußeffekt zwischen Ammoniak- und Lauge Strohh wird in der Literatur unterschiedlich bewertet. Anhand einer Wirtschaftlichkeitsanalyse sagt LOTTMANN (1978), daß der Laugeaufschluß hohe Festkosten erfordert, der Ammoniakaufschluß dagegen ein billiges Verfahren darstellt. GAEDE (1979), RICHTER (1983), JEROCH, FLACHOWSKI u. WEIßBACH (1993) geben an, daß der Aufschlußeffekt beim Lauge Stroh im Vergleich zum Ammoniak Stroh höher liegt. Andererseits reichert nach der Ammoniakbehandlung sich zusätzliche Stickstoff an, so daß sich die Wirtschaftlichkeit in gleicher Höhe bewegt (BURGSTALLER, 1983).

ADAS (1984) gibt folgende Vorteile der Behandlung mit ammoniakhaltigen Verbindungen an:

- Erhöhung des Rohproteingehaltes, da Ammoniak an das Stroh gebunden wird.
- Der Prozeß fügt dem Stroh keine potentiell schädlichen Mengen von Natrium zu.
- Das behandelte Stroh ist schmackhafter.

Die  $\text{NH}_3$ -Behandlung erfolgt auf zwei Wegen, durch die  $\text{NH}_3$ -Begasung und die feuchte Konservierung mit Harnstoff. Im Rahmen dieser Arbeit wird aber nur auf das Aufschlußverfahren mit Harnstoff, das auch als Strohammonisierung bezeichnet wird, und dessen Einfluß auf die Futterwerterhöhung eingegangen.

*Tabelle 11: Charakterisierung chemischer Behandlungsverfahren bei Stroh unter tropischen und subtropischen Bedingungen (Legel, 1999)*

<b>Parameter</b>	<b>NaOH</b>	<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>Harnstoff</b>	<b>Harn</b>
<i>Einsatzmenge (% der Stroh - TS)</i>	4 – 6	3 - 8	2 - 5	4 - 6	100
<i>Ausrüstungsbedarf</i>	hoch	mittel	hoch	gering	gering
<i>Aufschlußdauer (Wochen)</i>	< 1	> 6	$\leq 20^\circ\text{C}: 1 - 8$ $\geq 20^\circ\text{C}: 1 - 4$	$\leq 20^\circ\text{C}: 1 - 8$ $\geq 20^\circ\text{C}: 1 - 4$	> 6
<i>Einfluß auf VQ der Org. Subst. (Unbeh.=45%)</i>	55 – 70 %	50 - 60 %	50 - 58%	50 - 58%	45 - 65 %
<i>Verfügbarkeit der Chemikalie</i>	schwierig	einfach	Schwierig	einfach	einfach
<i>Anwendungsrisiko</i>	hoch	sicher	hoch	sicher	sicher
<i>Kosten</i>	hoch	gering	hoch	mittel	gering
<i>Aufschlußeffekt</i>	sehr hoch	gering	Geringer als NaOH-Behandlung, liefert zusätzlich N		
<i>Gegenwärtige Bedeutung</i>	sehr gering	keine	Zunehmend	sehr groß	zunehmend

Aus Tabelle 11 geht hervor, daß mit NaOH zwar sehr hohe Aufschlußeffekte erzielt werden können, das Verfahren aber aufgrund des hohen Ausrüstungsbedarfs und der Anwendungsrisiken sowie hoher Chemikalienkosten und schlechter Verfügbarkeit gegenwärtig keine große Anwendung findet. Dagegen wird die Behandlung mit Harnstoff und Harn aufgrund ihres geringen Ausrüstungsbedarfs, der höheren Arbeitssicherheit, der einfachen Verfügbarkeit und der mittleren bis geringen Kosten in den tropischen und subtropischen Gebieten zunehmend praktiziert. Dabei müssen die niedrigen Aufschlußeffekte in Kauf genommen werden.

#### **3.4.2.1      Aufschlußverfahren mit Harnstoff**

Für diese Behandlungsmethode gibt es drei Möglichkeiten, nämlich Naß-, Feucht- und Trockenverfahren (JEROCH, FLACHOWSKI u. WEIßBACH (1993)). Die folgende Abbildung zeigt die Reihen- und Rangfolge der Behandlung.

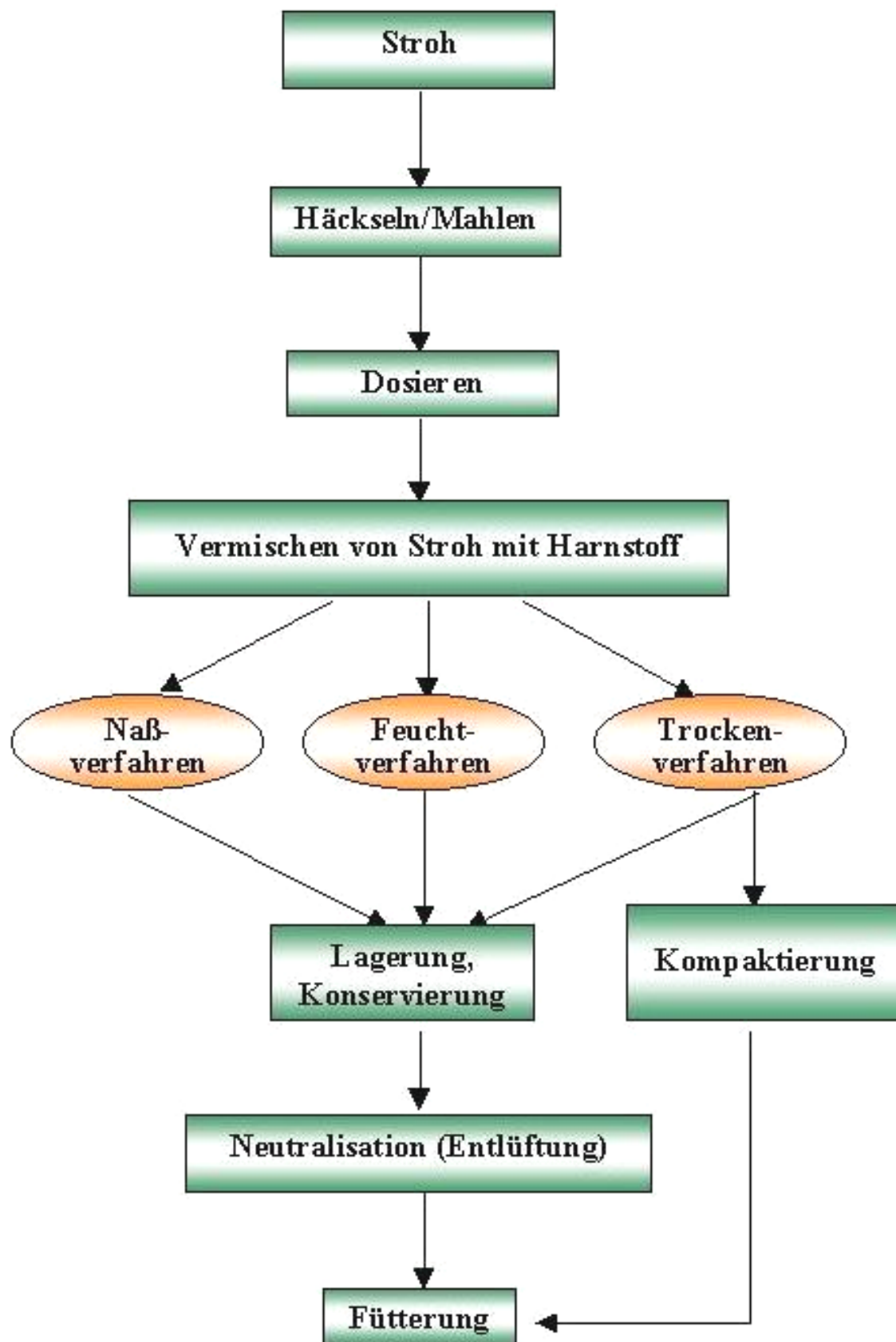


Abb. 11: Verfahrenskette des Strohaufschlusses

Theoretisch kann dabei zwischen mobilen und stationären Anlagen unterschieden werden. Nach GÖTZ (1978) hat die Aufschlußtechnik ihre Verwirklichung in mobilen Anlagen gefunden, da sie vor Ort, also unmittelbar an der Verbrauchsstelle einsetzbar sind.

Über längere Zeit wurde beim Aufschlußverfahren mit Harnstoff eine Erhöhung der Futteraufnahme- und Verdaulichkeit beobachtet. Vor allem aus England, Dänemark und der damaligen DDR waren bereits in den 70er Jahren schon positive Ergebnisse dieses Verfahrens zu verzeichnen. Die Harnstoffbehandlung braucht kaum spezielle Mechanisierung bzw. Investitionen. Das vom Harnstoff freigesetzte Ammoniak schwächt die lignifizierte äußere Zellwand und läßt die Pansenmikroben besser eindringen. Nach CHENOST (1999) finden dabei zwei Prozesse parallel statt, nämlich die Ureolyse, die den Harnstoff zu Ammoniak umwandelt ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$ ), und die Wirkung von Ammoniak auf die Zellwand des Strohs. Ureolyse ist eine enzymatische Reaktion, die das Vorhandensein des Enzyms Urease im Medium voraussetzt. Dies fehlt jedoch im nativen Stroh. Hiermit wird eine effektive Fermentation und Freisetzung von wichtigen Nährstoffen ermöglicht.

Nach GIVEN u. MOSS (1993) beruht die Wirkung des Harnstoffs außerdem darauf, ausreichend Stickstoff für eine optimierte Synthese von Mikroben im Pansen zu gewährleisten. Dabei handelt es sich um zellulotische Bakterien, die einer bestimmten Menge von vorgefertigten Aminosäuren und Peptiden bedürfen, um die zellulotische Aktivität im Pansen zu beschleunigen.

In der Praxis gibt es drei Aufschlußvarianten mit Harnstoff, nämlich die Behandlung ganzer Strohdien mit Ammoniakwasser, das Einweichen des Strohs in Behältern mit Ammoniumlösung und der Zusatz von trockenem Harnstoff im Pelletierungsprozeß von Stroh (KREUZ, 1974; BERGNER, MÜLLER u. MARIENBURG, 1977). Nach einem Bericht von BONDAREV et al. (1972) über die Behandlung von Stroh mit Ammoniakwasser in Grabensilos geht hervor, daß das Stroh im Silo mit 2,5 - 5 % Ammoniakwasser durchweicht wird, danach erfolgt eine luftdichte Abdeckung mit einer Folie. Nach 4 bis 5 Tagen kann das Silo wieder aufgedeckt werden. Ein mindestens 2- bis 5- stündiges Lüften ist anzuschließen. Anschließend kann das Aufschlußstroh verfüttert werden. Die Intensität des Feuchtstrohaufschlusses mit Harnstoff verläuft temperaturabhängig. Die Mikroorganismenentwicklung wird durch die Ammoniakbildung unterdrückt (KLUG, 1982). Dabei tragen eine niedrige Harnstoffdosis und Luftzutritt zur Temperaturerhöhung bei.

Unter dem Aspekt der Lagerung wird dieses Verfahren als Feuchtstrohkonservierung bezeichnet (BERG, 1987).

Die nach Auswertung mehrerer Literaturquellen von JEROCH, FLACHOWSKI und WEISSBACH (1993) erarbeiteten Kriterien und Empfehlungswerten für die feuchte Behandlung werden in Tabelle 12 dargestellt.

*Tabelle 12: Wichtige Kriterien und Werte beim feuchten Strohaufschluß mit Harnstoff (nach Jeroch, Flachowski und Weißbach, 1993)*

<b>Kriterium</b>	<b>Harnstoffaufschluß</b>
<i>Empfohlener Harnstoffzusatz (% der Stroh-TS):</i>	<i>4-6</i>
<i>gleichmäßige Strohfeuchte (%):</i>	<i>40-50</i>
<i>Aufschlußdauer (temperaturabhängig):</i>	
<i>&lt;20 °C:</i>	<i>1-8 Wochen</i>
<i>20 - 50 °C:</i>	<i>2-4 Wochen</i>
<i>&gt;50 °C:</i>	<i>&lt; 10 Tage</i>
<i>Einfluß auf die Verdaulichkeit der OS:</i>	<i>50-58</i>
<i>Einfluß auf die Höhe der Strohaufnahme (% Häckselstroh = 100 %)</i>	<i>110-150</i>

Die in Tabelle 12 als Harnstoffzusatz angegebene 4 - 6 % Harnstoffmenge entspricht, bezogen auf Stroh-TS, 25 kg Harnstoff je t Feuchstroh mit 50 - 60 % TS bzw. ca. 50 kg je t Stroh-TS. Wenn anaerobe Bedingungen geschaffen werden, kann das so behandelte Stroh für mehrere Monate ohne Wirkungsverluste gelagert werden. GAEDE (1979) gibt sogar eine Lagerungszeit von über 2 Jahren an, nach der das behandelte Stroh noch als Futtermittel verwertet werden kann.

Nach einer Laboruntersuchung von mit 3,6 %igem Harnstoff behandeltem Stroh haben WOIDKE, BERGNER u. LENK (1994) sowie CHENOST (1999) festgestellt, daß Feuchtigkeit und Temperatur des behandelten Materials auf die Geschwindigkeit des Harnstoffabbaus einen starken Einfluß haben. Demzufolge wurde beobachtet, daß bei einem Wassergehalt in den Gemischen von 20 % nur etwa 1/5 des Harnstoffs abgebaut wurde. Bei 30 % Wassergehalt konnten 70 % und bei 40 % ein Wassergehalt von 90 % des eingesetzten Harnstoffs abgebaut werden. Bei einer weiteren Steigerung des Wassergehaltes über 55 % wurden jedoch keine weiteren Steigerungen der Abbaurate festgestellt werden. CHENOST (1999) empfiehlt für einen gelungenen Aufschluß Feuchtigkeitswerte nicht unter 30 % und nicht über 60 % . Hierbei erwies die 7tägige Lagerungsdauer bessere Wirkung im Vergleich zu 3 und 14 Lagerungstagen.

Eine silagenähnliche Lagerung des feuchten Strohs in Hoch- oder Durchfahrtsilos hat sich bewährt (JEROCH, FLACHOWSKI u. WEISSBACH, 1993).



CHENOST (1999) gibt an, daß mit einem optimalen Temperaturbereich von 20 bis 45 °C die Ureolyse innerhalb von 24 Stunden bis zu einer Woche abgeschlossen werden kann, so daß die hohen Temperaturen in den warmen Klimazonen kein Problem darstellen. Dabei muß auf die Entlüftung vor der Verfütterung besonders geachtet werden, sonst besteht Vergiftungsgefahr.

#### **3.4.2.2 Futterwert des Aufschlußstrohs und Einsatzmöglichkeiten in der Rinderfütterung**

Wichtigstes Beurteilungskriterium für den Strohaufschluß ist die Bewertung des Futterwertes. Nach den Angaben von JEROCH, FLACHOWSKI u. WEIßBACH (1993) wird bei einem durchschnittlichen Einsatz von 3,8 %  $\text{NH}_3$  ein Anstieg des Rohproteins von 4,6 auf 10,6 % und der TS-Verdaulichkeit von 43,5 auf 54,8 % erwartet. Die Verdaulichkeit der OS bei der Harnstoffbehandlung steigt auf 50 - 58 %, und die Strohaufnahme erhöhte sich auf 110 – 150 % (% Häckselstroh = 100). LOTTMANN (1978) gibt an, daß das aufgeschlossene Stroh von den Tieren nach einer kurzen Gewöhnungszeit gut gefressen wird und die Futteraufnahme gegenüber dem Rohstroh erheblich ansteigt, wobei sogar eine Verdoppelung möglich ist. Nach einem zweimonatigen vergleichenden Versuch zwischen NaOH- und Ammoniakstroh bei Milchkühen des Deutschen Schwarzbunten Rindes gibt BURGSTALLER (1983) einen Gehalt an verdaulichem Eiweiß (je TS-Stroh) bei  $\text{NH}_3$ -Getreidestroh (3 %  $\text{NH}_3$ ) von 26 g an bei einer Energiekonzentration von 4,11 MJ NEL. Daraus schlußfolgert der Autor, daß eine leistungsgerechte Fütterung mit aufgeschlossenem Stroh als alleiniges Grundfutter etwa in den Mengen verzehrt werden kann, die energetisch dem Erhaltungsbedarf entsprechen. Daraus sei abzuleiten, daß eine Vorlage von bis zu 8 kg aufgeschlossenem Stroh möglich ist. KLING (1983); KIRCHGEßNER (1987) geben dagegen eine maximale Vorlage von 3 kg  $\text{NH}_3$  aufgeschlossenem Stroh bei Milchkühen an.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß mit Harnstoff behandeltes Stroh eine Erhöhung des N, der Verdaulichkeit und der Energie mit sich bringt (FLACHOWSKY, 1986). Auch die Schmackhaftigkeit des Strohs wird durch den Aufschluß verbessert.

### 3.5 Gestaltung angepaßter Futterrationen für Milchkühe auf Strohbasis

Erkenntnisse der praktischen Fütterung aus gemäßigten Klimaten können unter Berücksichtigung der vorhandenen klimatischen Besonderheiten verwendet werden. Auch LEGEL (1999) weist nach, daß in der Milchviehhaltung die bekannten Fütterungsnormen angewendet werden können, wenn die negativen Klimaeinflüsse durch Haltungsbedingungen gemildert werden. Bei extremen Klimafaktoren muß dagegen der spezifische Energiebedarf zur Anpassung importierter Hochleistungstiere an die Umwelt der tropischen Regionen, berücksichtigt werden.

Die Hauptbestandteile der Futterration und die Einflußfaktoren auf die Rationsgestaltung in den ariden und semiariden Gebieten werden in der Abbildung 12 zusammengefaßt.

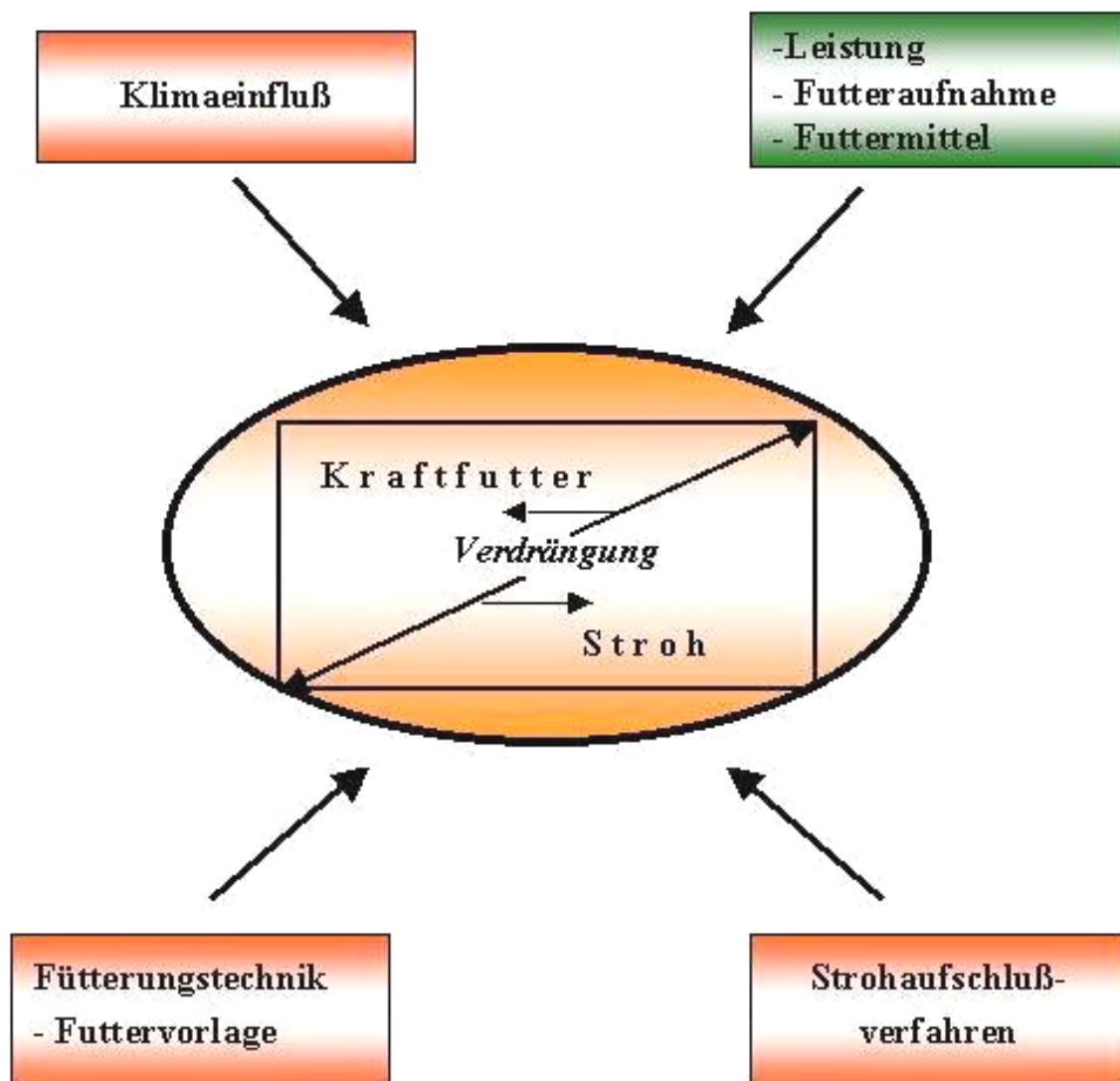


Abb.12: Die Einflußfaktoren auf die Rationsgestaltung in den heißen Klimagebieten

Grundlage für eine Rationsgestaltung ist die zu erwartende Leistung der Tiere, die Höhe der Futteraufnahme und das vorhandene Futtermittel selbst.

Einerseits zwingt der Klimafaktor in den heißen Standorten, weniger Grobfutter einzusetzen, um erhöhte Wärmeproduktion zu verhindern, andererseits kann die höhere Kraftfuttermenge durch das chemisch aufgeschlossene Getreidestroh verdrängt werden. Unter solchen klimatischen Bedingungen übt die Fütterungstechnik, insbesondere die Futtervorlage, einen erheblichen Einfluß aus.

### **3.6 Bewertung der Futterstrohbereitstellung**

Die technologische Bewertung ist ein methodisches Hilfsmittel zum Nachweis der relativen Vorzüglichkeit bei zwei oder mehreren Verfahrensvarianten. Eine Bewertung läßt sich nur durchführen, wenn Klarheit über die zu erreichenden Ziele besteht (MÜLLER, 1989). Darüber hinaus dient die Bewertung bei Variantenvergleichen und beim Vorliegen von Ablösesituationen der Bestimmung einer Rangfolge und damit der begründeten Entscheidungsfindung für die Verfahrensgestaltung (HAHN, EDNER und BÖHME, 1986). Sie erfolgt anhand von Bewertungskriterien, die sowohl technische als auch finanzielle Veränderungen berücksichtigen. Die Bewertungskriterien sollen möglichst alle wesentlichen Seiten des Bewertungsobjektes widerspiegeln.

Am Beispiel des Mähens von Landschaftspflegeflächen empfehlen MÜLLER u. PROCHNOW (1996) eine Weiterentwicklung herkömmlicher Bewertungsverfahren mit den Stufen:

- Leistungsbewertung
- Funktionsbewertung
- Aufwandsbewertung, dargestellt in finanziellen, zeitlichen und energetischen Aufwandskennzahlen

An die Technikausstattung landwirtschaftlicher Betriebe werden zahlreiche Anforderungen gestellt. Gleichzeitig ist es aber festzustellen, daß mit den Anforderungen an die Technik auch ihre Preise steigen. Dabei sollen die Umweltbeeinflussungen, die nach MÜLLER (1989) als wesentliches Bewertungskriterium gesehen werden, eine starke Berücksichtigung finden. Nach PROCHNOW (2000) beschränkt sich die Technikbewertung nicht auf die beabsichtigten technischen und wirtschaftlichen Folgen, sondern erfaßt auch die nicht ausdrücklich erwarteten Folgen insbesondere für die natürliche Umwelt und menschliche Gesellschaft. Die

Leistungsbewertung gibt zunächst Aufschluß darüber, ob die technische Kapazität zur Erledigung der Arbeit in der verfügbaren Zeit ausreicht.

Mit der Funktionsbewertung wird geprüft, ob bestimmte Funktionsanforderungen von der vorgesehenen Technik erfüllt werden können. Daher setzt sie die Berücksichtigung typspezifischer Funktionsunterschiede der eingesetzten Maschinen voraus.

Der Aufwand läßt sich durch die finanziellen Kennzahlen für die Anschaffung und den Einsatz von Maschinen, die Anzahl der Arbeitskräfte, den Arbeitszeitbedarf und den Dieselkraftstoffeinsatz charakterisieren. Dadurch kann die aufgabenspezifische Vorzugsvariante gefunden werden. Im Rahmen der ökonomischen Bewertung können die Gesamtkosten unterschiedlicher Verfahren und Verfahrenslinien durch Aggregation der Teilkosten der einzelnen Verfahrensglieder bestimmt werden (HARTMANN u. STREHLER, 1995). Da jede Maßnahme zur Veränderung des technologischen Prozesses immer auf die stofflich-energetischen und finanziellen Seite wirkt, wird für jedes Kriterium, wenn es seinem Inhalt entspricht, neben der finanziellen (ökonomischen) auch eine stofflich-energetische Kennzahl bestimmt (MÜLLER, 1989).

Zur Ermittlung der Energiebilanz kann das im ATB Potsdam-Bornim entwickelte Energiebilanzierungsprogramm genutzt werden, das die Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet. In Anlehnung eines Entwurfes der VDI-Richtlinie (VDI 4600, 1994) beschreibt SCHOLZ (1995) die Energiebilanz als alle Energiemengen bzw. -arten, die während des Betrachtungszeitraums die festgelegten Bilanzraumgrenzen überschreiten. Der kumulierte Energieaufwand wird von SCHOLZ (1995) als die Gesamtheit des energetischen Aufwandes definiert, der in Zusammenhang mit der Herstellung, der Unterhaltung, dem Betrieb und der Entsorgung eines Betriebsmittels oder einer Dienstleistung entsteht. Die Summe der kumulierten Energieaufwendungen für die einbezogenen Verfahrensabschnitte oder Prozesse, die sich wiederum aus den kumulierten Energieaufwendungen für die eingesetzten Betriebsmittel errechnen, gibt den kumulierten Energieaufwand an.

## 4 *MATERIAL UND METHODE*

Für die Datenerhebung wurde der Untersuchungsbetrieb "Haffar and Hasshem Farm" in Syrien gewählt, der sowohl Milch- als auch Pflanzenproduktion betreibt. Der Betrieb wurde 1990 gegründet und hat im gleichen Jahr 85 tragende Färsen aus den Niederlanden importiert. Die bereits erwähnten Probleme treten dort in vollem Umfang auf, so daß sich dieser Betrieb als Fallbeispiel eignet. Rohmilch und Getreide sind die Haupteinnahmequellen des Untersuchungsbetriebes.

Die Analyse erfolgte durch Umfragen und Beobachtungen vor Ort. Zusätzlich wurden Vermessungen der Räumlichkeiten der Produktions- und Haltungsbereiche und der Milchgewinnung sowie -lagerung durchgeführt. Die Milchproduktion mit gegenwärtig 95 Milchkühen und Nachzucht findet ca. 40 km südlich von der Hauptstadt Damaskus statt. Der Standort für die Milchproduktion wird durch die in Abbildung 13 dargestellten klimatische Verhältnisse charakterisiert:

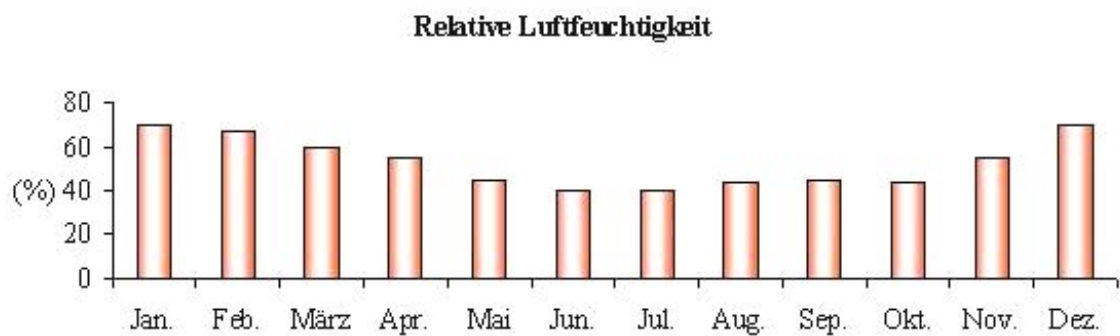
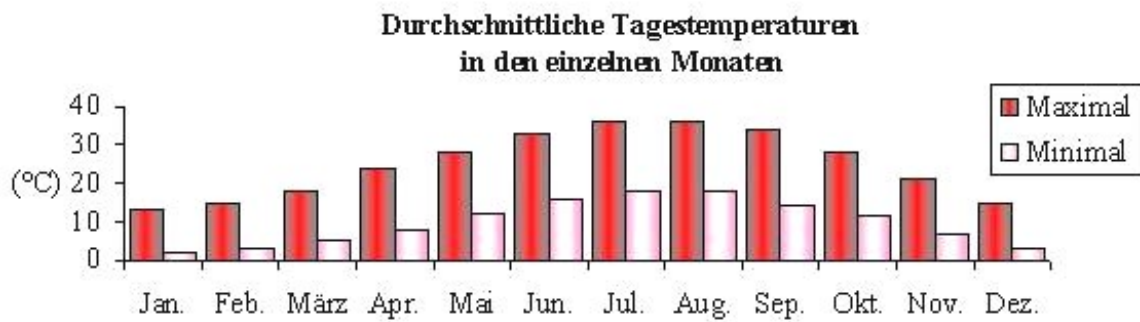


Abb. 13: Klimatische Verhältnisse am Standort der Milchproduktion

Die in Abbildung 13 dargestellten klimatischen Angaben sind durchschnittliche Werte von 10 Jahren. Die niedrigen Temperaturwerte repräsentieren die Nachttemperaturen. Die höchsten Temperaturwerte von 30 bis 35 °C treten von Mai bis September auf, wobei im Juli eine Temperatur von über 40 °C erreicht wird. In 300 Tagen im Jahr liegen die Tagestemperaturen über 20 °C, an 150 Tagen über 30 °C.

*Tabelle 13: Die Temperaturverteilung über das Jahr*

<b>Durchschnittl. Tagestemperaturen (°C)</b>	<b>Anzahl von Tagen im Jahr ca.: (n)</b>
> 40	20
30 - 35	130
20 - 30	150
10-20	45
<10	20

Die Höhe der relativen Luftfeuchtigkeit wird von dem Mittelmeerklima beeinflusst. Der höchste Wert wird in Januar erreicht und beträgt 70 %. Der niedrigste liegt im Juli bei 40 %. Der aus südwestlicher Richtung kommende Wind erreicht in den Sommermonaten eine Geschwindigkeit von bis zu 10 m/s. In den Monaten mit hohen Temperaturen, insbesondere im Juli, ist auch eine Steigerung der Windgeschwindigkeiten zu verzeichnen. Die höchste Niederschlagsmenge von durchschnittlich 38 bis 40 mm fallen in den Monaten Dezember bis Februar. Die Jahresdurchschnittswerte sind:

- maximale Temperatur 25 °C
- minimale Temperatur 10 °C
- relative Luftfeuchtigkeit 52 %
- Windgeschwindigkeit 4,3 m/sec
- Niederschlagsmenge 16 mm

Der Boden enthält ca. 50 % Lehm und ist kalkreich. Die höchsten Niederschlagsmengen auf diesem Standort liegen unter 40 mm.

Die Pflanzenproduktion wird etwa 800 km entfernt, im Nordosten von Syrien in der Region Dezira zwischen der Stadt Kamischli und Kahtanie auf 160 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche betrieben. Das Gebiet zählt zu den niederschlagsreichen Ackerbaugebieten Syriens. Hier sind die klimatischen Bedingungen für den Getreideanbau günstiger. Die Ackerflächen liegen ca.

600 m über dem Meeresspiegel. Die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge beträgt 400 -500 mm. Während der Ernteperiode (Mai-Juni) werden Tageshöchsttemperaturen bis zu 50° C erreicht.

#### **4.1 Analyse der Verfahren der Milchproduktion unter Berücksichtigung der Bedingungen arider und semiariden Gebiete**

Für die Durchführung der Analyse wurden die Produktionsverfahren von Milch in die Teilverfahren Haltung, Fütterung, Milchgewinnung, Entmistung, Tierpflege- und Produktionsmanagement eingeteilt. Die Tiere wurden nach Haltungsgruppen analysiert. Darunter werden die Gruppen der laktierenden Kühe, der tragenden Kühe, der Kolostral-, Tränk- und Aufzuchtskälber, der weiblichen Jungrinder sowie der Färsen verstanden. Ziel dieser Analyse war es, vorhandene Verfahrensfehler ausfindig zu machen, damit der Erfolg der Optimierung der Futterstrohbereitstellung nicht durch fehlerhafte Milchproduktionsverfahren verloren geht.

##### **4.1.1 Haltungsverfahren**

Analysiert wurde die Art und Weise der Haltung. Eine Weidehaltung findet nicht statt. Die Erfassung der Haltungsbedingungen wie z.B. die Beschaffenheit des Stallraumes, die Fußboden-, Stand-, Liege- und Freßplatzgestaltung sowie die Haltungstechnik und die Anzahl der Tiere in den jeweiligen Gruppen standen im Vordergrund der Analyse. Außerdem wurde das Tiermaterial und dessen Leistung erfaßt.

Die Tierdokumentation, die Reinigung der Ställe, die Organisation der Entsorgung von Abprodukten aus den Tierhaltungsbereichen und die damit verbundenen Einflüsse auf die Tiergesundheit wurden ebenfalls erfaßt.

##### **4.1.2 Fütterungsverfahren**

In diesem Verfahrensabschnitt sind Beschaffenheit und Kapazität der Lagerräume für Futtermittel, die Entnahme aus dem Lager sowie die Vorlage der Futtermittel in der Futterkrippe analysiert worden. Bei der Lagerung stand außerdem die Frage nach der Wechselwirkung zwischen Lagerbeschaffenheit und Witterungseinflüssen hinsichtlich der Erhaltung der Futterqualität im Mittelpunkt. Weiterhin wurden die Grundlagen der gegenwärtigen Rations-



gestaltung bzw. die Zusammensetzung der einzelnen Futterkomponenten dokumentiert. Bei der Futtervorlage wurde der technologische Ablauf der Bereitung und Verabreichung des Futters an die Tiere dokumentiert. Im Rahmen der Krippenförderung und Dosierung des Futters wurden folgende Ausgangspunkte untersucht:

- Futterdarbietungsform (physikalische Beschaffenheit der Futtermittel)
- Fütterungssequenz und -frequenz
- Tier-Freßplatz-Verhältnis
- Leistungsfütterung
- Futtereinsatzkontrolle

Anschließend wurden Verfügbarkeit und Menge des Tränkwassers als Bestandteil der Fütterung analysiert.

#### **4.1.3 Milchgewinnungsverfahren**

Hier erfaßt die Analyse hauptsächlich die Fragen der technischer Ausstattung und die Arbeitsorganisation in der Milchgewinnung. Hygienische Voraussetzungen zur Milchgewinnung und zur Sicherung der Eutergesundheit wurden ebenfalls untersucht. Das Hauptaugenmerk lag auf der Qualitätserhaltung der Milch, da sie unter den geschilderten klimatischen Bedingungen von den Lagerungs- und Kühlungsverfahren direkt und stark beeinflusst wird. Die Reinigung und Desinfektion der Kühe während des Melkens wie auch des Melkstandes vor und nach dem Melkprozeß sind dokumentiert worden.

#### **4.1.4 Entmistungsverfahren**

Wichtige Punkte bei der Analyse der Entmistungsverfahren waren die hygienischen Voraussetzungen in den Haltungsbereichen, die Entsorgung und die Möglichkeit der Verwertung der tierischen Exkreme. Nach Ermittlung des Mistsystems wurden die Häufigkeit der Entmistung, ihre Hilfsmittel, die Lagerung und Entsorgung analysiert.

#### **4.1.5 Management und Tierpflege**

Die Organisation der Produktionskontrolle, die Verfahren der Leistungsfütterung, die Charakterisierung der Herdenführung, die Arbeitsorganisation und die Gestaltung der Reproduktion waren Gegenstand der Analyse des Teilverfahrens Management. Unter dem Aspekt der Tierpflege wurden Bedingungen der Hygiene wie Klauenpflege, Seuchenprophylaxe sowie Maßnahmen und Behandlung von kranken Tieren untersucht. Informationen darüber konnten durch Einsicht in die Betriebsunterlagen und eigene Beobachtungen gewonnen werden.

#### **4.2 Analyse der gegenwärtigen Futterstrohbereitstellung**

Neben den eigenen Beobachtungen vor Ort waren Befragungen im Betrieb erforderlich, um zuverlässige Informationen aus erster Hand zu bekommen. Zusätzlich ist die Analyse fotografisch dokumentiert worden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Futterstrohbereitstellung in die Verfahren der Strohbergung und des Transportes einschließlich der Be- und Entladung bis hin zur Lagerung detailliert festgehalten. Weiterhin sind die enthaltenen Nährstoffe bzw. die Futterwerte analysiert worden.

Unter Strohbergung wurde das Sammeln, die Bearbeitung durch Zerkleinern und/oder Komprimieren sowie das Zwischenlagern des angefallenen Strohs verstanden. Prozeßfolgen und Mechanisierungsgrade sowie die dabei erzielten Leistungen waren Gegenstand der Analyse. Außerdem wurden Arbeitsorganisation und entstehende Gesamtkosten der Bergungsverfahren erfaßt.

Bei der Analyse des Transportverfahrens wurden, zusätzlich zu den Leistungsdaten der eingesetzten Transportfahrzeuge, Geschwindigkeit, Transportentfernung, Fahrdauer, Kraftstoffverbrauch, Auslastung, Füllungsgrad und Ladungssicherheit registriert. Bei den Aufwendungen für Arbeitszeit, Energie, Material und Kosten war vor allem die Höhe des Kraftstoffverbrauchs zu berücksichtigen. Beim Be- und Entladen fanden die Prozeßtechnik und die Arbeitssicherheit große Aufmerksamkeit.

### **4.3 Nährstoffanalyse der gegenwärtigen Futterrationen**

Die Futtermittelanalyse fand mit dem Ziel statt, Informationen über die transportierten Nährstoffe zu erlangen und diese Werte bei der Gestaltung der angepassten Futterrationen zu nutzen. Insgesamt wurden sieben Futterkomponenten, die im Untersuchungsbetrieb zu unterschiedlichen Zeiten eingesetzt werden, im Fachgebiet der Tierernährung der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin (HUB) analysiert. Zwei Analysemethoden fanden dabei Anwendung:

- Weender-Futtermittelanalyse zur Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung der Futtermittel (Ermittlung von Rohnährstoffen)
- Hohenheimer Futterwerttest (HFT) zur Erfassung der Verdaulichkeit sowie Schätzung der Nettoenergie-Laktation (NEL)

Ferner wurde ein Vergleich der im Untersuchungsbetrieb eingesetzten Futtermittel mit den in Deutschland handelsüblichen Futtermitteln aus der DLG-Futtermitteltabelle durchgeführt, um Aussagen über mögliche Abweichungen bzw. Übereinstimmungen zu treffen.

Die gleiche Analyse wurde für das mit Harnstoff aufgeschlossene Stroh durchgeführt.

### **4.4 Optimierung der Verfahren der Futterstrohbereitstellung**

Analog zur Analyse der Futterstrohbereitstellung setzt sich die Optimierung dieses Verfahrens aus folgenden Komponenten zusammen:

- Optimierung der Strohernte durch Kompaktierung am Entstehungsort zur Erhöhung der Transportleistung
- Optimierung des Strohtransportes einschließlich Be- und Entladung sowie Lagerung am Verbrauchsort
- Futterwerterhöhung von Stroh (am Verbrauchsort)

Für die Optimierung wurden bewährte Verfahren aus der Literatur herangezogen.

#### 4.4.1 Optimierung der Strohernte

Im Optimierungsprozeß kam es auf die Strohdichte an. Aus der Literatur bekannte Strohkompaktierungsmethoden wurden mit der im Untersuchungsbetrieb praktizierten Methode verglichen. Dabei galt es, folgende Fragen zu beantworten:

- Welche Optimierungsmöglichkeiten gibt es?
- Welche Maschinen können eingesetzt werden und welche Leistungsfähigkeit besitzen sie?
- Welche Effekte lösen die Ergebnisse für die Optimierung des Transportes, des Umschlages und die Lagerung aus?

Danach erfolgte ein ökonomischer sowie ein energetischer Vergleich innerhalb der einzelnen Kompaktierungsmethoden. Dabei handelte es sich um Häcksel-, Hochdruckballen-, Quadergroßballen-, Pellet- und Brikettlinien.

In einem weiteren Schritt wurde unter Berücksichtigung bestimmter gesetzlicher Vorgaben in Syrien eine Prüfung auf die Übertragungsfähigkeit der gewonnenen Optimierungsergebnisse durchgeführt. Die zugrunde gelegten Maschinenkosten wurden weitestgehend aus den Richtwerttabellen von KTBL (Version MAKOST für Windows 2,0) entnommen. Diese Kostenberechnung bezieht sich auf die Bearbeitung von 160 Hektar Erntefläche bzw. 400 t Stroh im Jahr, die der Betrieb braucht. Dabei wurde unterstellt, daß die dafür notwendigen Maschinen außerhalb des Betriebes eingesetzt bzw. ausgelastet werden. Die Berechnungen erfolgten auf DM-Basis.

Für die Bewertung des Energieaufwandes wurde der kumulierte Energieaufwand (KEA) einbezogen, der nach SCHOLZ (1996) als Summe des energetischen Aufwandes definiert wird, der in Zusammenhang mit Herstellung (H), Nutzung (N) und Entsorgung (E) eines Betriebsmittels oder einer Dienstleistung entsteht.

$$KEA = KEA_H + KEA_N + KEA_E$$

Da sich der kumulierte Energieaufwand Nutzung ( $KEA_N$ ) aus dem energetischen Aufwand für die laufende Unterhaltung U ( $KEA_U$ ), d. h. Wartung, Reparatur, Unterbringung u. ä., sowie für den Betrieb ( $KEA_B$ ) bzw. den Einsatz ergibt, gilt:

$$KEA_N = KEA_U + KEA_B$$

#### 4.4.2 Optimierung des Strohtransportes einschließlich Umschlag und Lagerung

Die Transportleistung wird als Massenstrom " $m$ " ausgedrückt. Dieser ist definiert durch:

$$\dot{m} = \frac{V_N \cdot \rho_s \cdot \eta_V}{t_T} \quad [\text{t/h}] \quad (\text{HAHN, 1989})$$

$V_N$  Nutzvolumen  $[\text{m}^3]$   
 $\rho_s$  Schüttdichte  $[\text{t/m}^3]$   
 $\eta_V$  Volumenausnutzung  $[1]$   
 $t_T$  Fahrzeit  $[\text{h}]$

Mit Hilfe dieser Formel wurden Simulationsrechnungen durchgeführt. Folgende Daten wurden den Berechnungen zugrunde gelegt:

Tabelle 14: Berechnungsgrundlage der Simulationsrechnungen

Parametern	Einheit	Angaben
Transportentfernung	km	800
Transportmenge insgesamt	t	400
Fahrgeschwindigkeit	km/h	70-80
Fahrzeit mit Pausen	h	12
Dieselmotorkraftstoff	l/Route	640
Fahrzeit ohne Pausen	h	10,5
Befüllungsgrad	l	0,95
Transportvolumen	m <sup>3</sup>	100
Gesamtmasse	t	40
Nutzmasse	t	25
Kraftstoffverbrauch	l/100 km	40
Preis/Transport (800 km)	DM	720

Dabei konnten wichtige Bewertungskriterien wie Transportleistung, beförderte Futterenergiemenge und Kraftstoffbedarf in ihrer Abhängigkeit von variablen Größen wie Dichte, Nutzvolumen, Nutzmasse, Geschwindigkeit und Füllungsgrad untersucht werden.

Um eine Vergleichbarkeit der Kompaktierungsmethoden zu gewährleisten, wurde ein Normvolumen von  $V = 100 \text{ m}^3$  angenommen. Durch grafische Darstellung konnte visualisiert werden, welche Veränderungen der Transportvariablen sich am stärksten auf die Zielgrößen auswirken.

#### **4.4.3 Futterwerterhöhung der im Stroh enthaltenen Inhaltsstoffe**

Dabei handelt es sich um eine orientierende Untersuchung, die Möglichkeiten zur Transportverbesserung und zur Verbesserung der tierernährerischen Situation auslotet. Aus der Literatur sind zwei Methoden bekannt, die mechanische (physikalische) und die chemische Strohhbehandlung. Im Rahmen einer Literaturanalyse wurden bei der mechanischen Bearbeitung neben ihrer Rolle zur Dichteerhöhung auch Effekte des Häckselns, Brikettierens und Pelletierens hinsichtlich ihres Beitrages zur Erhöhung der Verdaulichkeit und zur Verbesserung der freiwilligen Futteraufnahme geprüft.

Zur chemischen Behandlung wurde in Syrien ein eigener Versuch zum Strohaufschluß mit Harnstoff durchgeführt. Die Methode basiert auf der Vermischung einer 4 %igen Harnstofflösung mit gehäckseltem Stroh. Harnstoff wurde wegen seiner leichten Handhabung und Verfügbarkeit in Syrien ausgewählt. Das Mischverhältnis von Harnstoff (kg), Stroh (kg TS) und Wasser (l) betrug 4:100:100, so daß das Produkt am Ende einen TS-Gehalt von 45 – 50 % aufwies. Das Gut wurde nach der Vermischung eine Woche mit einer luftdichten Folie bedeckt. Vor der Verfütterung wurde es entlüftet. Der Versuch fand an der Versuchsstation “Kharavo” der landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Damaskus statt. Dafür standen 12 Versuchs- und 12 Kontrolltiere zur Verfügung. Erfäßt wurden die täglichen Strohaufnahmemengen und die Milchleistung.

#### **4.5 Gestaltung angepaßter Futterrationen für Milchkühe**

Als letztes Glied der technologischen Optimierung wurde die Gestaltung von Futterrationen untersucht. Die Ergebnisse einer eigenen Futtermittelanalyse sowie des Strohaufschlusses und die Erfahrungswerte über die mechanische Strohhbehandlung aus der Literatur dienten als Grundlage für die Berechnung. Bei der Rationsgestaltung wurden Futtermittel in die Rationen einbezogen, die häufig am Markt zu finden sind, vergleichsweise höhere Nährstoffgehalte enthalten und kostengünstiger zu erwerben sind.

Zur Berechnung der Rationen diente das Rechenprogramm der DLG von 1997. Dem Untersuchungsbetrieb wurden zwei unterschiedliche Rationstypen präsentiert, eine Futterration mit mechanisch und eine mit chemisch behandeltem Stroh. Detaillierte Rationszusammensetzungen werden im Ergebnisteil dargestellt.

## **4.6 Bewertung der Futterstrohbereitstellung**

Es wurden folgende Bewertungskriterien ausgewählt:

- AK-Bedarf
- erreichbaren Schüttdichte (pro Transporteinheit beförderte Gutmenge)
- Verfahrenskosten
- Prozeßenergiebedarf
- Dieselmotorkraftstoffverbrauch für die Beförderung der 400 t Stroh
- Futtermittelverschmutzung während der Strohernte

Mit Hilfe von Wichtungspunkten wurde eine Vorzugslösung (Rangfolgebestimmung) gearbeitet.

## 5 *ERGEBNISSE*

In diesem Abschnitt werden die Analyseergebnisse der gegenwärtigen Milchproduktionsverfahren und der Strohbereitstellung des Untersuchungsbetriebes dargestellt und kommentiert. Hinzu kommt die Optimierung dieser Verfahren. Ferner werden Methoden und deren Ergebnisse, die zur Optimierung einen Beitrag geleistet haben, präsentiert. Dies sind Nährstoffanalysen, die Futterwerterhöhung von Stroh und die Gestaltung angepaßter Futterrationen.

### 5.1 **Analyseergebnisse der Verfahren der Milchproduktion**

Die Verfahren der Milchproduktion wurden in Teilverfahren unterteilt und analysiert. Diese Analysen wurden auf einer allgemeingültigen Grundlage durchgeführt, um zu vergleichbaren Ergebnissen zu kommen.

#### 5.1.1 **Haltungsverfahren**

Der Untersuchungsbetrieb praktiziert eine ganzjährige Haltung in einem Laufstall. Bei dieser Haltungsform wird eine räumliche Trennung der Tiere nach Alter, Geschlecht, Leistung und Gesundheitszustand vorgenommen. In Bezug auf den Reproduktionszyklus und den gesundheitlichen Status der Tiere ergeben sich folgende Haltungsbereiche, die in Tabelle 15 aufgeführt sind.

*Tabelle 15: Die Haltungsbereiche im Untersuchungsbetrieb*

<b><i>Haltungsbereiche</i></b>
<i>Produktionsbereich</i>
<i>Trockenstehbereich</i>
<i>Abkalbebereich</i>
<i>Kälber- und Jungrinderbereich</i>
<i>Färsenbereich</i>
<i>Krankenbereich</i>
<i>Bereich für Deckbulle und Verkaufstiere</i>

Die in Tabelle 15 aufgeführten Bereiche sind voneinander getrennt. Der Produktionsbereich umfaßt die laktierenden Kühe, die in einer Gruppe aufgestallt sind. Die restlichen Abteilungen bestehen aus mehreren Buchten. Die hochtragenden Färsen werden nach dem 7. Trächtigkeitsmonat in den Bereich der Trockensteher verlegt, um sie auf die Geburt vorzu-



bereiten. In der Jungrinderaufzucht wird zwischen Kolostral- und Tränkkälbern sowie Jung-  
rindern unterschieden. Der Betrieb hält einen Deckbullen zum Nachdecken der Tiere, die  
nicht aus künstlicher Besamung tragend werden. Bei den Verkaufstieren handelt es sich um  
über sechs Monate alte Kälber und selektierte Tiere, die noch vermarktet werden können. Die  
Haltungsbereiche mit den dazugehörigen Abteilungen werden anhand einer Grundriss-  
Skizze des Stallgebäudes in Abbildung 14 dargestellt.

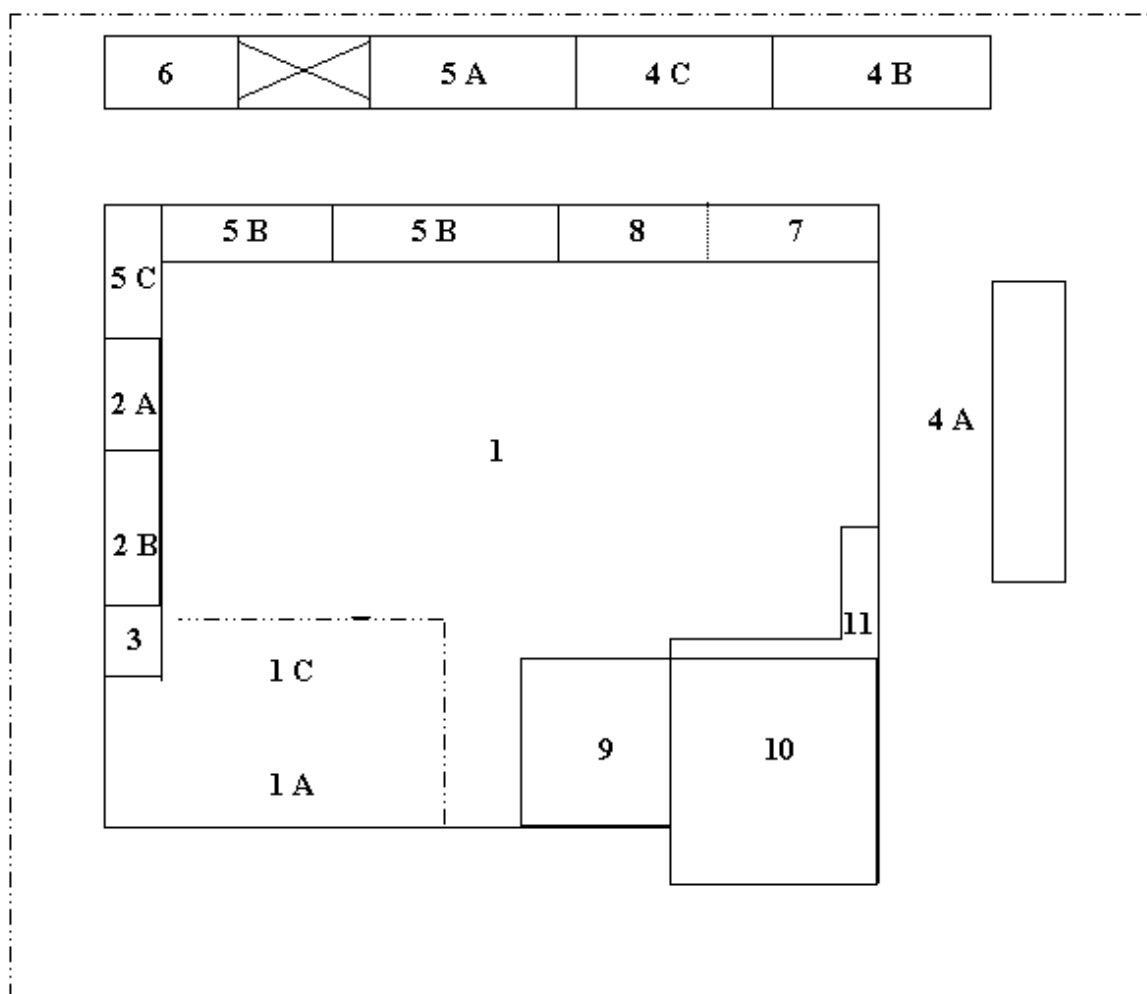


Abb. 14: *Haltungs- und Funktionsbereiche des Untersuchungsbetriebes, Grundriss-Skizze*

Die in Abbildung 14 angegebenen Nummern repräsentieren die jeweilige Haltungsgruppe, die  
in Tabelle 16 aufgeschlüsselt werden (siehe auch Bild im Anhang). Zugleich werden die  
Gruppengrößen aufgeführt, mit deren Hilfe der Herdenbestand zu ermitteln ist.

Tabelle 16: Aufschlüsselung der in Abbildung 14 angegebenen Haltungsgruppen (Nummern) und die Erfassung des Herdenbestandes zur Zeit der Analyse

<b>Haltungs-u. Produktionsbereich</b>	<b>Haltungsraum/Haltungsgruppe</b>	<b>Gruppengröße (n)</b>	<b>Platzangebot insgesamt (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Platzangebot pro Tier (m<sup>2</sup>)</b>
1,	Laufhof für laktierende Kühe	95	1200	12,6
1 C	Freßgang, Schattenfläche	95	500	5,3
2 A, 2 B	trockenstehende Tiere	15	60	4
3	abkalbende Tiere	4	35	8,75
4 A	Kolostral- und Tränkkälber	15	80	5,3
4 B und 4 C	Kälber und Jungrinder	32	400	12,5
5 A-5 C	Färsen	30	125	4,2
6	krankte Tiere	1	80	80
7	Deckbulle	1	15	15
8	Verkaufstiere	13	45	3,5
9	Vorwartehof	-	100	1
10	Melkstand, Milchtank, Kühlaggregat und Büro	-	160	
11	Selbsttränke für laktierende Kühe			8 Kühe/Tränke

Aus Tabelle 16 sind die Haltungsbereiche, die Haltungsgruppen und Gruppengröße sowie das Platzangebot für die jeweiligen Gruppen bzw. pro Tier ersichtlich. Anhand der Gruppengrößen kann auch der Herdenbestand summiert werden. Er umfaßte zur Zeit der Analyse insgesamt 208 Tiere. Den laktierenden Tieren steht eine Lauffläche von 1200 m<sup>2</sup> zur Verfügung. Dementsprechend beträgt die Platzverteilung ca. 13 m<sup>2</sup>/Kuh.

Die 95 laktierenden Kühe werden im Gegensatz zu den Trockenstehern und Jungrindern in einem Areal gehalten (Bereich Nr. 1). An zwei Seiten (1a und 1b) ist dieser Bereich von 3,5 m hohen Wänden begrenzt, an die außerhalb Pultdächer angeschleppt wurden, um Stallraum für trockenstehende, abkalbende und kranke Kühe sowie Färsen zu schaffen. Die laktierenden Tiere können außerdem unter einem weiteren Schleppdach mit Wellblecheindeckung, das sich über 550 m<sup>2</sup> (Bereich Nr. 9) erstreckt, Schutz vor der Sonneneinstrahlung suchen. Die Schattendachfläche entspricht somit ca. 6 m<sup>2</sup>/Tier.

Dieser Unterstand wird insbesondere in den Mittagsstunden aufgesucht. Die offenen Seitenwände sind mit Bügelrohren von Standtrennbügeln eingezäunt. Dieser Bereich wird nicht eingestreut, aber der Dung, der schnell abtrocknet, hat die Funktion einer Liegematratze.

Eine leistungsbezogene Gruppeneinteilung der Milchkühe existiert in diesem Betrieb nicht. Es werden alle melkenden Kühe in einer Gruppe gehalten. Die Leistungsentwicklung der importierten Tieren über 5 Laktationen wird in der Tabelle 17 dargestellt.

*Tabelle 17: Die Entwicklung der durchschnittlichen Jahresleistung der über 5 Laktationen im Bestand verbliebenen Kühe*

<b>Laktationsnummer (n)</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>
<i>Anzahl Kühe (n)</i>	83	74	56	41	28
<i>Durchschnittliche Leistung (l/Kuh u. Jahr)</i>	4.658	5.377	6.737,3	7.300	6.782
<i>Laktationsdauer (d)</i>	293,5	296,4	300,2	300,6	300,8

Zwecks Analyse der Beeinflussung der klimatischen Bedingungen auf die exotischen Tiere ist nur die Leistung der importierten 85 Tiere erfaßt. Für die in Syrien vorherrschenden Verhältnisse wurde eine gute Milchleistung erzielt. Mit zunehmender Laktationsanzahl stiegen auch die Herden- und Einzeltierleistungen bis zur 4. Laktation, in der 5. Laktation fielen sie jedoch wieder ab. Alle Färsen haben problemlos abgekalbt. Zwei von ihnen mußten aufgrund von Krankheiten nach der Abkalbung notgeschlachtet werden. Außerdem wurden während der ersten vier Laktationen jedes Jahr neun Tiere remontiert. Die Remontierung erhöhte sich in der 3. und 4. Laktation auf 18 bzw. 15 Tiere. Die Tiere konnten in den ersten zwei Laktationen im Durchschnitt 300 Tage und in den nächsten 3 Laktationen bis 305 Tage gemolken werden.

Außerdem wurden die während der Analysezeit gehaltenen 95 Kühe nach Leistungsgruppen erfaßt. Dies wird in der Tabelle 18 aufgezeigt.

*Tabelle 18: Erfassung des Leistungspotentials im Untersuchungsbetrieb zur Zeit der Analyse n = 95 Tiere*

<b>Leistungsintervall (l/ Tier u. Jahr)</b>	<b>Melkende Kühe (n)</b>
6000	5
6000-6500	35
6500-7000	14
>7000	41
<b>Summe</b>	<b>95</b>

Die angegebenen Werte repräsentieren Leistungsdaten von Kühen, die zwischen ein und sechs Laktationen erbracht haben. Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, schwankt die durch-

schnittliche Milchleistung zwischen 6000 und 7600 Litern. Zur Zeit der Analyse (nach 5 Laktationen) lag eine durchschnittliche Herdenleistung von 6770 Litern/Tier und Jahr vor.

Die Trennung zum Trockenstellen erfolgt 8 Wochen vor ihrem Abkalbetermin. Der Bereich der Trockensteher und Abkalber ist im Gegensatz zu dem der laktierenden Kühe vollständig überdacht. Die Trockenstehperiode dauert insgesamt 8 Wochen. In einer Bucht (Bereich 2 A) stehen Kühe zwischen der ersten und sechsten Woche, während die Tiere in der siebten und achten Woche in den anderen Buchten (Bereich 2 B) auf die Abkalbung vorbereitet werden. Die Abkalbebuchten werden mit Stroh eingestreut. In der Regel wird eine kontinuierliche Abkalbung praktiziert. Die Kälber werden bereits ca. zwei Stunden nach der Geburt von ihrer Mutter getrennt und in Einzelbuchten gehalten.

In der Kälberhaltung wird nach Kolostral-, Tränke- und Aufzuchtkälbern unterschieden.

Während der ersten Phase werden die Kälber im Kälberstall (Bereich 4 A) in Einzelgitterboxen gehalten und dort getränkt. Die Kapazität dieses Stalls beträgt 20 Boxen. Die zweite Phase beginnt im Alter von 45 Tagen mit der Umstallung in den Aufzuchtkälberstall (Bereiche 4 B-C). Auf einer Fläche von 70 m<sup>2</sup> werden die Tiere in Gruppen bis 25 Stück gehalten, so daß jedem Kalb eine Lauf- und Liegefläche von 2,8 m<sup>2</sup> mit 1,5 m<sup>2</sup> Schattendachfläche zur Verfügung steht. Dieser Stall wird nach dem gleichen Prinzip wie im Kuhstall nicht eingestreut. Die weiblichen Kälber werden weiter aufgezogen und kommen mit einem Alter von sechs bis sieben Monaten in die Jungrindergruppe (Bereich 5 A). Dort bleiben sie bis zum Erreichen des ersten Lebensjahres. Danach werden sie in den Färsenbereich (Bereich 5 B) verlegt und im Alter von 18 Monaten besamt. Nach positivem Ergebnis der Trächtigkeitsuntersuchung erfolgt der Wechsel in die Gruppe der tragenden Färsen (Bereich 5 C). Analog zu den älteren Kühen erfolgt eine gesonderte Haltung etwa acht Wochen vor dem Abkalbetermin.

### **5.1.2 Fütterungsverfahren**

Vor der Charakterisierung des Fütterungsverfahrens soll kurz auf die Größe der vorhandenen Flächen am Standort der Milchproduktion und die Futtermittelquellen eingegangen werden.

Der Untersuchungsbetrieb besitzt eine Gesamtfläche von 27 ha am Milchproduktionsstandort. Davon werden nur 19 ha zum Futteranbau genutzt. Auf 4 ha wird ganzjährige Luzerne und auf 15 ha während der Regenzeit Grüngerste angebaut. Der Anteil der Luzerne am gesamten Grobfutter beträgt 7 %, während der Gerstenanteil bei 8% liegt. Beide Futtermittel werden den Tieren als Grünfutter angeboten und tragen insgesamt mit etwa 7 % zur Gesamtration bei. Die 4 ha Luzernefläche werden bewässert und wöchentlich portionsweise abgemäht. Der Er-

trag von Grüngerste dagegen ist von der Niederschlagsmenge abhängig und schwankt stark. Die Aufteilung der betriebseigenen Fläche wird in Tabelle 19 dargestellt.

*Tabelle 19: Aufteilung der betriebseigenen Fläche am Milchproduktionsstandort*

<b>Nutzungsform</b>	<b>Fläche (ha)</b>
<i>Marktfrüchte (Weintrauben, Pfirsich)</i>	<i>4</i>
<i>Anbau von Grünluzerne</i>	<i>4</i>
<i>Anbau von Wintergerste und Mais</i>	<i>15</i>
<i>Wohnhäuser für Betriebsleiter und Stallpersonal, Garten</i>	<i>1,5</i>
<i>Stall und Lagerbauten</i>	<i>2,5</i>
<b>Summe</b>	<b>27</b>

Trotz der Flächenknappheit werden auf 4 ha Marktfrüchte (Weintrauben und Pfirsiche) angebaut. Dies wird damit begründet, daß unter syrischen Bedingungen der Obstanbau eine bessere Einnahmequelle schafft als der Futteranbau.

Die eigenen betrieblichen Kalkulationen über die Futterkosten des Beispielbetriebes machen deutlich, welch hoher Aufwand betrieben werden muß. In Tabelle 20 wird eine Grobkalkulation des Futterenergieeinsatzes und dessen Kosten dargestellt.

*Tabelle 20: Betriebliche Kalkulation über den Nährstoffeinsatz und dessen Kosten*

<b>Futterart</b>	<b>Masse (t/Jahr)</b>	<b>Energiegehalt insgesamt (GJ NEL/TS)</b>	<b>Anteil an der Gesamtenergie (%)</b>	<b>Kosten (DM/Jahr)</b>	<b>Kosten (DM/GJ NEL)</b>
<i>Stroh</i>	<i>330</i>	<i>1.159</i>	<i>27</i>	<i>46.200</i>	<i>39,86</i>
<i>Vicia-Heu</i>	<i>10</i>	<i>33,3</i>	<i>1</i>	<i>1600</i>	<i>48</i>
<i>Kraftfutter</i>	<i>380</i>	<i>2.664</i>	<i>63</i>	<i>121.600</i>	<i>45,65</i>
<i>Grüngerste und -luzerne</i>	<i>50</i>	<i>400</i>	<i>9</i>	<i>8000</i>	<i>20,0</i>
<b>Summe</b>	<b>770</b>	<b>4.256</b>	<b>100</b>	<b>177.400</b>	<b>--</b>

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß gegenwärtig die Futterenergie etwa je zur Hälfte aus dem Grobfutter und aus dem Kraftfutter kommt. Dabei liegen die spezifischen Kosten der Konzentratfuttermittel mit etwa 70 % der Gesamtfutterkosten höher als bei Grobfutter. Eine partielle Substitution des Kraftfutters durch Grobfutter sollte deshalb aus Kostengründen angestrebt werden. Die Erhöhung der Verdaulichkeit des Strohs ist für diese Maßnahme entscheidend. Eine weitere Kostensenkung könnte durch die Optimierung des Strohtransports erfolgen.

Da der Betrieb nicht über Maschinen zur Strohbergung verfügt, werden Heu- und Strohbergung von Lohnunternehmern übernommen. Stroh und Heu müssen also käuflich erworben werden, obwohl sie auf den betriebseigenen Ackerflächen angebaut werden. Das Heu ist teurer als Häckselstroh. Daher erfolgt eine restriktive Heufütterung.

In den Tabellen 21 und 22 werden die Komponenten des Grob- und Konzentratfutters angegeben, die in dem Untersuchungsbetrieb eingesetzt werden. Zusätzlich sind die Anteile der einzelnen Futtermittel an der Ration, ihre Preise und die Quelle aufgelistet.

*Tabelle 21: Komponenten des Grobfutters, deren Anteil, Quelle und Preise*

<b>Futterkomponente</b>	<b>Anteil an der Ration ( % )</b>	<b>Preis pro Tonne (DM)</b>	<b>Quelle</b>
<i>Häckselstroh (aus Gerste)</i>	40	80	<i>zugekauft</i>
<i>Häckselstroh (aus Weizen)</i>	35	80	<i>zugekauft</i>
<i>Vicia - Heu</i>	10	240	<i>zugekauft</i>
<i>Grün-Luzerne</i>	8	160	<i>eigenes Futter</i>
<i>Grün-Gerste</i>	7	140	<i>eigenes Futter</i>
<b>Summe</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Häckselstroh aus Weizen und Gerste spielt mit einem Anteil von 75 % eine dominierende Rolle. Grobfutter setzt sich aus 75 % Häckselstroh, 15 % Grünfutter (Luzerne und Gerste) und 10 % Heu zusammen. Die restlichen 15 % des Grobfutters werden am Standort der Milchproduktion angebaut und den Tieren als Grünfutter angeboten. Heu stellt die teuerste Rationskomponente dar, so daß damit sparsam umgegangen wird.

*Tabelle 22: Komponenten des Konzentratfutters, deren Anteil an der Gesamtration, Quelle und Preise*

<b>Futterkomponente</b>	<b>Anteil an der ges. Ration (%)</b>	<b>Preis pro Tonne (DM)</b>	<b>Quelle</b>
<i>Gerste</i>	30	340	<i>zugekauft</i>
<i>Weizen</i>	25	360	<i>“</i>
<i>Baumwollkuchen</i>	22	376	<i>“</i>
<i>Weizenfuttermehl</i>	20	156	<i>“</i>
<i>Mineralstoffe:</i>			
<i>- Dikalziumphosphat</i>	1,5	2200	<i>“</i>
<i>- Natriumchlorid</i>	1,5	2750	<i>“</i>
<b>Summe</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Alle Bestandteile des Kraftfutters und die Mineralstoffe werden zugekauft. Die Bereitung des Konzentratfutters einschließlich der Vermischung mit Mineralstoffen erfolgt im Untersuchungsbetrieb. Die Mineralstoffe betragen 3 % Konzentratmenge. Außerdem stehen Lecksteine für die Spurenelementeversorgung zur freien Verfügung.

Während die Lagerung von Stroh im Freien auf einer asphaltierten Bodenfläche erfolgt, wird das Kraftfutter unter Dach gelagert.

Die Ration wird im eigenen Betrieb selbst bereitet. Ihre Gestaltung erfolgt entsprechend der durchschnittlichen Milchleistung der Herde. Das heißt, alle Kühe bekommen vom Anfang bis zum Laktationsende die gleiche Ration.

Die Futtervorlage erfolgt getrennt nach Grob- und Kraftfutter. Häckselstroh liegt ad libitum vor. Das Konzentrat wird dagegen zwei mal täglich nach dem Melken vorgelegt. Drei Kilogramm der Tagesration an Konzentrat werden jeder Kuh im Melkstand angeboten.

Die Entnahme der Futtermittel aus dem Lager, Dosierung und Vorlage aller Futterarten erfolgen per Hand. Wasser steht ad libitum zur Verfügung.

Da die Wasseraufnahme der Tiere in den Sommermonaten steigt, wird in in Tabelle 23 die betriebliche Kalkulation für den täglichen Wasserbedarf einer Kuh mit 650 kg LM und 20 l Milchleistung im Sommer dargestellt.

*Tabelle 23: Kalkulation des Wasserverbrauchs der melkenden Kühe*

<i>Wasser für:</i>	<i>Menge (Liter/Kuh u. Tag)</i>
<i>Erhaltungsbedarf</i>	<i>65</i>
<i>Leistungsbedarf</i>	<i>60</i>
<i>Reinigung in der Milchgewinnung:</i>	
<i>- Euter (am Melkstand)</i>	<i>4</i>
<i>- Melkstand</i>	<i>20</i>
<i>- Geräte</i>	<i>5,5</i>
<i>- Milchbehälter</i>	<i>2,5</i>
<b><i>Summe</i></b>	<b><i>157</i></b>

Frisch- und altemelkende Kühe werden nicht getrennt gefüttert; alle Leistungsgruppen fressen aus der gemeinsamen Futterkrippe. Die Futterration wird gemäß der durchschnittlichen Herdenleistung berechnet. Innerhalb der Trockenstehergruppe wird zwischen zwei Futterrationen unterschieden, der Ration acht bis vier Wochen und der Ration weniger als vier Wochen vor dem Abkalbetermin. Während dieser Periode wird darauf geachtet, daß die tragenden Färsen möglichst wenig an Fettreserven bilden, um zu Laktationsbeginn einer Stoffwechsel- und Le-

Leberbelastung vorzubeugen, die durch Fettabbauprodukte (Ketonkörper) entstehen kann. Auch gegen ein mögliches Festliegen der Kühe nach der Geburt werden Maßnahmen ergriffen. Wenige Tage vor der Abkalbung wird die Konzentratfütterung langsam erhöht, um die Pansenflora auf die spätere Zugabe von größeren Kraftfuttermengen nach dem Kalben vorzubereiten. Zur gleichen Zeit bekommt jede Kuh etwa fünf Tage vor der Abkalbung und in einem Abstand von 12 Stunden 10 Injektionen von Vitamin D<sub>3</sub> (10 Mio. IE). Die Futterrationen bei den einzelnen Haltungsgruppen bzw. -bereichen werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

*Tabelle 24: Gestaltung der Futterrationen für die jeweiligen Haltungsgruppen*

<b>Haltungsgruppe</b>	<b>Häckselstroh (kg TS)</b>	<b>Heu (kg TS)</b>	<b>Kraftfutter (kg TS)</b>	<b>Grün- futter (kg TS)</b>
<i>laktierende Kuh mit 20 l Milchleistung</i>	<i>ad lib.</i>	-	10,2	1 - 2
<i>Trockensteher 1. Phase (8.-3. Wo. v. Abk.)</i>	<i>ad lib.</i>	4	2	-
<i>Trockensteher 2. Phase (ab 3. Wo. v. Abk.)</i>	<i>ad lib.</i>	6	3	-
<i>Kühe gleich nach Abkalbung</i>	<i>ad lib.</i>	4 - 5	2	-
<i>6 - 12 Monate alte weibliche Kälber</i>	<i>ad lib.</i>	2 - 3	3	2 - 3
<i>6 - 10 Monate alte männliche Kälber</i>	2	1	5	-
<i>12 - 22 Monate alte weibliche Jungrinder</i>	<i>ad lib.</i>	4	2	-
<i>10 - 16 Monate alte Jungbullen</i>	3	1	7	-
<i>Färse von 22 Monaten bis zur Abkalbung</i>	<i>ad lib.</i>	5	-	2

Außer bei den als Fleischrinder zu verkaufenden männlichen Kälbern wird Häckselstroh ad libitum verfüttert. Wenn diese Tiere mit einem Alter von über 10 Monaten nicht verkauft sind, steigt die Kraftfuttergabe bis auf 7 kg an. Dagegen erhalten die weiblichen Jungrinder geringere Mengen an Konzentrat, aber mehr rohfaserreiches Futter. Die Menge des Konzentrates wird bei den Trockenstehern reduziert. Dafür erhalten sie 4-6 kg Heu. Das Grünfutter beinhaltet Luzerne oder Grüngerste. Beides wird nur in geringem Umfang produziert und den Tieren angeboten.

Neugeborene Kälber werden bereits wenige Stunden nach der Geburt bis zur selbständigen Futteraufnahme ausschließlich mit Kolostralmilch getränkt. Diese Phase dauert fünf Tage. Mit der 2. Lebenswoche beginnt eine teilweise Vorlage von Festfutter. Dabei werden pro Tag 4 Liter Vollmilch auf zwei Mahlzeiten verteilt angeboten und darüber hinaus erfolgt eine Zugabe von Konzentratfutter (ad libitum). Außerdem wird zur Förderung der Vormagenent-



wicklung und zum Aufbau der Pansenflora rohfaserreiches Futter wie z. B. Heu gegeben. Das Kraftfutter wird den Kälbern zur ständigen Aufnahme (ad libitum) vorgelegt.

Im Alter von etwa 45 - 50 Tagen werden die Kälber in einer Entwöhnungsphase von der Milch abgesetzt. Die Milch wird dabei vollständig durch Grobfutter ersetzt. Die Zusammensetzungen des Kraft- und Grobfutters entspricht dem der laktierenden Kühe (siehe Tabelle 21 und 22). So werden die Kälber beider Geschlechter bis zum Erreichen des 6. Monats gleich gefüttert, danach erfolgt eine Differenzierung der Rationen.

### **5.1.3 Milchgewinnungsverfahren**

Zur Zeit werden 643.200 Liter Milch pro Jahr produziert. Aufgrund der kontinuierlichen Abkalbung ist die täglich anfallende Milchmenge über das ganze Jahr relativ gleichmäßig verteilt. Nach Abzug von 22.000 Litern für die Kälberfütterung werden jährlich 621200 Liter Milch verkauft. Zweimal täglich, um 3.00 Uhr morgens und um 15.00 Uhr nachmittags, wird gemolken (Zwischenmelkzeit = 12 Stunden). Das 100 m<sup>2</sup> große Melkhaus schließt sich an das Ende des Laufstalles an. Der Eingang ist offen und nur mit Bügeln abgegrenzt. Außerdem gibt es an einer der Seitenwände mehrere Fenster, die während der warmen Sommermonate offen stehen. Das maschinelle Melken erfolgt in einem 2x4 Alfa Laval Fischgräten-Melkstand, der mit Futterboxen versehen ist und von zwei Arbeitskräften (AK) bedient wird. Beim Melken füttern die Melker die Kühe mit Kraftfutter. Aufgrund der Konzentratgabe am Melkstand ist ein Eintreiben der Tiere nicht erforderlich.

Das Euter wird vor dem Melken mit Wasser besprüht und mit einem sauberen Tuch gründlich gereinigt. Nach optischer Prüfung der Milch erfolgt die Anrüstung des Euters. Eine automatische Melkzeugabnahme gibt es nicht. Nach Abschluß des Melkvorganges werden die Euterzitzen mit einer Jodlösung desinfiziert. Anhand der Skalierung der Milchbehälter wird die Milchmenge jeder Kuh abgelesen und auf einer Milchmengenkarte dokumentiert, die am Melkstand angehängt ist. Die Milch wird anschließend durch eine Milchleitung in den im Nachbarraum befindlichen Milchtank gefördert und auf 4°C abgekühlt. Täglich fallen ca. 1.870 Liter Milch mit 4,2 % Fettgehalt an. Nach jedem Milchgewinnungsprozeß findet eine Reinigung des Melkstandes statt. Der Melkvorgang einer Gruppe von acht Tieren einschließlich der Konzentratvorlage dauert durchschnittlich etwa 10 Minuten, so daß für die 95 Tiere etwa zwei Stunden benötigt werden. Insgesamt beträgt die Dauer des Milchgewinnungsverfahrens einschließlich der Futtervorlage, Vorbereitungs- und Reinigungsarbeiten drei Stunden. Die Milch wird jeden Tag nach dem morgendlichen Melken abgeholt. Gleich danach

folgt die Reinigung der Milchtanks. Die Milch wird zur weiteren Verarbeitung an eine Molke-  
rei in Damaskus geliefert. Der Milchpreis richtet sich nach dem Fettgehalt, d.h. für 1 Liter  
Milch mit einem Fettgehalt von 3,5 % werden 13 syrische Lira (umgerechnet etwa 0,52 DM)  
bezahlt. Für jedes weitere Fettprozent gibt es einen Zuschlag von 10 % des Literpreises. Im  
Falle des Untersuchungsbetriebes wird die Milch mit einem Fettgehalt von 4,2 %, mit 13,9  
syrische Lira/Liter (0,56 DM) bezahlt.

#### **5.1.4 Entmistungsverfahren**

Die Baugestaltung des Laufstalles ermöglicht ein Trocknen des Kotes und eine Verdunstung  
des Harns im Normalfall in etwa 15 Minuten, in den Sommermonaten sogar von nur  
8 - 10 Minuten. Deshalb ist die Großzügigkeit des Platzangebotes im offenen Laufstall als  
vorteilhaft zu betrachten.

Die Entmistung erfolgt in einem Abstand von 6 bis 8 Wochen. Der Dung wird mit Hilfe eines  
„Bobcat“, an dem ein Schieber mit Frontlader montiert ist, von der Bodenoberfläche abge-  
schoben und auf einen Anhänger geladen. Eine Lagerung ist nicht erforderlich, vielmehr wird  
der Dung auf die am Milchproduktionsstandort befindliche Futteranbaufläche zum Zwecke  
der Düngung ausgebracht (siehe Tabelle 19).

#### **5.1.5 Management und Tierpflege**

Die Planungen wichtiger Ereignisse, die eine Kuh im Laufe der Laktation betreffen, wie z.B.  
Besamung, Trächtigkeitsuntersuchung, Klauenbehandlung, regelmäßig stattfindende prophy-  
laktische Maßnahmen (Impfungen), werden vom Produktionsleiter durchgeführt. Die Anwei-  
sungen für die Rationsgestaltung kommen ebenfalls von ihm. Für die Bereitung und Vorlage  
des Futters aller Tiere sind 3 Arbeitskräfte verantwortlich. Bestimmte Termine werden an-  
hand eines Kuhkalenders festgelegt. Der Leiter hat einen veterinärmedizinischen Beruf. Daher  
führt er die tierärztlichen Aktivitäten und die künstliche Besamungsarbeit selbst durch.

Für die Tierbeobachtungen sind das Fütterungs- und Melkpersonal verantwortlich. Sie leiten  
die Informationen an den Produktionsleiter weiter.

Der Betrieb pflegt eine bereits langjährige Zusammenarbeit mit der landwirtschaftlichen Fa-  
kultät der Universität Damaskus. Aufgrund seines guten Managementsystems und der moder-  
nen Datendokumentation zählt er zu den besten Milchviehbetrieben Syriens. Für die Betriebs-  
führung ist einer der beiden Betriebsinhaber zuständig, der Tierproduktion studiert hat. Die  
restlichen Arbeiten werden von 7 Tagelöhnern durchgeführt.

## **5.2 Analyseergebnisse der Verfahren der gegenwärtigen Futterstrohbereitstellung**

Der Untersuchungsbetrieb erzeugt auf seinen 160 ha 400 t Getreidestroh. Davon benötigt er für die Fütterung in der Milchproduktion jährlich rund 330 Tonnen. Die restliche Menge wird an die Nachbarbetriebe weiterverkauft. Bei den Berechnungen und Verfahrensvergleichen wurden also 400 t berücksichtigt.

Im Folgenden werden die Teilverfahren der Futterstrohbereitstellung ausgeführt, die mit dem Aufsammeln des Stroh beginnend und bei der Lagerung im Verbrauchsstandort enden. Zwischen dem ersten und den letzten Abschnitt liegen die Verfahren Ernte, Zwischenlagerung, Be- und Entladung sowie Transport des Stroh. Dabei werden der Einsatz von Maschinen und Arbeitskräften und deren Kosten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die erreichbaren Ziele und die gesamten Verfahrenskosten analysiert.

### **5.2.1 Strohernte**

Die Bergungsarbeit beginnt mit dem Arbeitsprozeß, in dem das Stroh auf Schwaden gelegt wird. Der Mähdrescher mäht nur 2/3 der Halmlänge und läßt 20 - 30 cm lange Stoppen auf dem Feld. Aufgrund der Unebenheiten der Felder, die durch die Bewässerungsgräben entstehen, kann im ersten Gang nicht tiefer gemäht werden. Dadurch werden die großen und teuren Mähdrescher vor Stößen gegen Steine geschützt. Danach kommt ein Schwadmäher zum Einsatz, um den Rest auf einer Höhe von ca. 5 cm abzumähen und das Stroh auf Schwad zu legen. So liegt das Stroh 2 bis 4 Tage auf dem Feld. Die Strohmenge wird auf 2,5 bis 3 t/ha eingeschätzt. Anschließend nimmt ein Häcksler, der von einem Traktor gezogen wird, das Stroh auf. Die Häckselleistung beträgt bei einer Häcksellänge von 2 bis 4 cm 3 t pro Stunde. An den Häcksler ist wiederum ein Anhänger angekoppelt, der rundum mit Planen geschlossen ist. Das Häckselgut wird mittels Ausblasbogen direkt in den Anhänger eingeblasen. Das Häckselgut wird am Feldrand abgekippt (Abb. 15 und 16).



*Abb.15: Maschinenkette in der Häcksellinie (Traktor-Häcksler-Anhänger)*



*Abb.16: Transport des Häckselguts zum Feldrand (Anhänger beim Abkippen)*

Vier Arbeitskräfte füllen das Stroh per Hand in Säcke aus Kunststoffgewebe. Bei einem Fassungsvermögen von etwa 1,3 m<sup>3</sup> enthält ein Sack durchschnittlich 50 - 60 kg Häckselstroh. Bis zum Beladen auf die Lkw werden die Säcke am Feldrand gelagert. Insgesamt kommen im Rahmen des Häckselverfahrens zwei Traktoren, zwei Anhänger und ein Häcksler zum Einsatz. Die Kosten der Strohbergung setzen sich aus den Maschinen- und AK-Kosten zusammen, die in den Tabellen 25 und 26 angezeigt werden.

*Tabelle 25: Zusammensetzung der Anschaffungskosten für Maschinen in der Häcksellinie einschließlich Betriebsstoffe und Reparaturen*

<b>Maschinenart</b>	<b>Anschaffungspreis (DM)</b>	<b>Bedarf (n)</b>	<b>Gesamt (DM)</b>	<b>Kosten/ T (DM)</b>	<b>Kosten/ H (DM)</b>	<b>Kosten/ Ha (DM)</b>	<b>für 400 t bzw. 160 ha (DM)</b>
<i>Balkenmähwerk</i>	4.408	2	8.816	-	-	18,08	2.893
<i>Schlepper (60 kW)</i>	54.520	1	54.520	-	24,84	-	3.279
<i>Schlepper (40 kW)</i>	41.760	1	41.760	-	18,78	-	2.479
<i>Strohhäcksler</i>	10.880	1	10.880	-	-	34,88	5.581
<i>Anhänger</i>	12.412	2	24.824	1,4	-	-	404
<b>Summe</b>	--	7	<b>140.800</b>	--	--	--	<b>14.636</b>

Die Angaben der Maschinenkosten in Tabelle 25 werden nur auf die Jahresmenge von 400 t Stroh bezogen. Die Kostenangaben erfolgten in Abhängigkeit der zutreffenden Bezugseinheiten (h = Stunde, ha = Hektar und t = Tonne).

Die vom KTBL angegebene jährliche Nutzung von 47 ha wird stark überschritten. Bei einem Gebrauch von 80 ha pro Jahr verkürzt sich dadurch die Nutzungsdauer von 12 auf 5 Jahre.

Häcksler und Anhänger in der Häcksellinie werden von einem Schlepper mit einer Leistung von 57 - 60 kW gezogen. Der Transport des mit Häckselgut gefüllten Anhängers erfolgt dagegen durch den zweiten Schlepper mit einer Leistung von 40 kW.

Unter dem bereits aufgeführten Maschineneinsatz bzw. zur Erledigung der Bergungsarbeiten der angegebenen Strohmenen sind bei einer Leistung von 3 t/h 11 Arbeitstage à 12 Stunden erforderlich. Die Füllung und Stapelung der Säcke am Feldrand dauert dagegen etwas länger.

Tabelle 26: Ermittlung der Arbeitskosten in der Häcksellinie (bezogen auf 400 t Gesamtmasse)

<b>Einsatzgebiet</b>	<b>AK-Bedarf (Anzahl)</b>	<b>AK-Lohn (DM/Tag)</b>	<b>Gesamt (DM/Tag)</b>	<b>Arbeitstage</b>	<b>für 400 t (DM)</b>
Traktor- bzw. Mähwerk- fahrer	2	12	24	16	384
Säcke füllen u. stapeln	20	8,75	175	16	2.800
<b>Summe</b>	<b>22</b>	<b>--</b>	<b>199</b>	<b>16</b>	<b>3.184</b>

In der Häcksellinie werden zwei Arbeitskräfte für die Traktorfahrten und zwanzig für Füllung und Stapeln der Säcke bei der Zwischenlagerung am Feldrand beschäftigt. Das Schwadmähen erfolgt unmittelbar vor dem Häckselprozeß. Füllung und Stapelung der Säcke werden mit 0,50 DM/Sack bezahlt. Bei einer Leistung von ca. 23 Säcken/AK und Tag werden täglich bis zu 460 Säcken bzw. ca. 25 Tonnen transportbereit fertiggestellt. Für die Gesamtmasse von 400 Tonnen bzw. 7.200 Säcken sind demnach ca. 16 Arbeitstage erforderlich. Aus den Maschinen- und AK-Kosten ergeben sich Bergungskosten von 17.820 DM.

### 5.2.2 Strohtransport, Umschlag sowie Lagerung

Die Entfernung zwischen Getreideanbaugebiet und Milchproduktionsbetrieb beträgt 800 km. Einschließlich der Pausen werden für diese Distanz durchschnittlich 12 Stunden benötigt. Für die Hin- und Rückfahrt werden 640 l Dieselkraftstoff verbraucht. Zur Zeit der Analyse kostete ein Liter Diesel 0,25 DM. Gegenwärtig wird die Beförderung von Stroh pro Fuhre bezahlt und liegt im Bereich von 40 DM/ca. 18 t. Die Leistungsparameter der eingesetzten Transportzüge werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 27: Leistungsangaben der häufig benutzten Transportzüge

<b>Parameter</b>	<b>Größe</b>
Achsenzahl	4
Gesamtmasse (t)	40
Eigenmasse (t)	15
Nutzmasse (t)	25
Ladelänge: Lkw und Anhänger (m)	7 + 8 = 15
Ladebreite (m)	2,45 - 2,50
Höhe der Seitenwände (m)	2,7
Ladevolumen (m <sup>3</sup> )	ca. 100

Das angegebene Ladevolumen, gemessen bis zur Oberkante der Seitenwände, beträgt 100 m<sup>3</sup>. Transportzüge werden mit bis zu 300 Strohsäcken beladen, so daß sich ein effektives Ladevolumen von ca. 200 m<sup>3</sup> ergibt. Diese Sackzahl entspricht einer Nutzmasse von 15 - 18 Tonnen. Für die Gesamtmasse von 400 Tonnen sind also 24 Transporteinsätze notwendig.



*Abb. 17: Ein Lkw im Einsatz des Strohtransports, eine nicht seltene Art der Überladung*





*Abb. 18: Transport von gesacktem Häckselstroh*

Die beiden Abbildungen zeigen die Überladung und die unbeachtete Arbeitssicherheit. Das Ladeprofil überschreitet die gesetzlich vorgegebenen Grenzwerte. Die Seitenwände werden auf beiden Seiten um ca. 1 m überragt. Die Ladehöhe beträgt, gemessen von der Erdoberfläche, rund 6 m. Dies führt jedoch zu erheblicher Belastung und Gefährdung des Straßenverkehrs. Da in den meisten Fällen die Brücken niedriger sind als die Ladungshöhe dieser überladenen Lkws, müssen die Brücken umgangen werden, wodurch die Transportwege zusätzlich verlängert werden.

Der Be- und Entladeprozeß erfolgt per Hand. Bei der Beladung heben zwei Arbeitskräfte den Sack hoch und setzen ihn auf die Schultern eines dritten Mitarbeiters. Dieser bringt den Sack über eine schräg gestellte Bohle auf den Lkw und setzt ihn dort ab. Danach übernehmen zwei weitere Arbeitskräfte das Stapeln und Befestigen der Säcke mit Seilen. Zum Entladen werden die Seile gelockert und die Säcke fallen zu Boden. Zur Lagerung, die auf einer betonierten Fläche im Freien erfolgt, werden sie wieder auf den Schultern getragen und gestapelt.



*Tabelle 28: Kostenermittlung des Transportverfahrens von Häckselstroh einschließlich der Verfahren der Be- und Entladung (Umschlag) sowie der Lagerung*

<b>Teilverfahren</b>	<b>je Fuhre (DM)</b>	<b>für 400 Tonnen (DM)</b>
<i>Beladung</i>	72	1.728
<i>Transport</i>	720	17.280
<i>Entladung und Lagerung</i>	36	864
<b>Summe</b>	<b>828</b>	<b>19.872</b>

Die Gesamtkosten des Häckselstrohs setzen sich aus den Maschinen- und AK-Kosten im Bergungsverfahren, den Transport- und Umschlagskosten zusammen. Dies wird in der Tabelle 29 zusammengefaßt.

*Tabelle 29: Gesamte Verfahrenskosten des fütterungsbereiten Häckselstrohs (bezogen auf die Gesamtmenge von 400 t)*

<b>Kosten</b>	<b>für 400 Tonnen (DM)</b>
<i>Maschinenkosten (Bergung)</i>	14.636
<i>AK-Kosten (Bergung)</i>	3.184
<i>Transportkosten</i>	17.280
<i>Umschlag- (Be- u. Entladung) und Lagerungskosten</i>	2.592
<b>Summe</b>	<b>37.692</b>

Maschinen-, AK- sowie Dienstleistungskosten bilden die Gesamtkosten, die nach dem gegenwärtigen Bereitstellungsverfahren anfallen. Unter Maschinenkosten werden in diesem Fall nicht nur die Anschaffungskosten, sondern die Gesamtkosten verstanden, die aus der Abschreibung des Kapitaldienstes, der Verzinsung des Eigenkapitals, der Versicherung, den Reparaturen und den Betriebsstoffen entstehen. Der Transport von den Zwischenlagern zu den Verbrauchern ist der aufwendigste Teil des Verfahrens.

### 5.3 Nährstoffanalyse der gegenwärtigen Futterrationen

Die Analysenergebnisse der 8 Rationskomponenten werden im folgenden in den Gruppen des Grob- und Kraftfutters zusammengefasst:

Tabelle 30: Nährstoffwerte der analysierten Komponenten von Grob- und Kraftfutter in vergleichbaren DLG-Futtermitteltabellen, (n = 8)

Futtermittel	TS	XP	XL	XA	XF	NEL	VQ
	(g)	(g je kg Trockenmasse)				(MJ/kg TS)	( %OS)
<u>Grobfutter:</u>							
Häckselstroh	929	42	11	177	380	3,9	56,3
<b>DLG-Werte</b>	<b>860</b>	<b>37</b>	<b>13</b>	<b>78</b>	<b>429</b>	<b>3,5</b>	<b>47</b>
Vicia-Heu	900	165	13	176	238	6,3	70,7
<b>DLG-Werte</b>	<b>860</b>	<b>189</b>	<b>25</b>	<b>158</b>	<b>222</b>	<b>5,6</b>	<b>66</b>
<u>Kraftfutter:</u>							
Gerste	903	115	18	29	53	7,7	81
<b>DLG-Werte</b>	<b>880</b>	<b>119</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>52</b>	<b>8,2</b>	<b>87</b>
Weizen	917	160	17	21	30	8,2	74,6
<b>DLG-Werte</b>	<b>880</b>	<b>151</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>8,3</b>	<b>87</b>
Mais	874	83	38	15	22	9,0	86
<b>DLG-Werte</b>	<b>879</b>	<b>108</b>	<b>47</b>	<b>17</b>	<b>26</b>	<b>8,4</b>	<b>89</b>
Weizenfuttermehl	915	163	32	47	81	7,5	77,2
<b>DLG-Werte</b>	<b>900</b>	<b>167</b>	<b>40</b>	<b>54</b>	<b>65</b>	<b>7,4</b>	<b>80</b>
Baumwollkuchen-extraktionsschrot	910	416	21	63	178	6,7	65,7
<b>DLG-Werte</b>	<b>900</b>	<b>412</b>	<b>21</b>	<b>69</b>	<b>185</b>	<b>6,52</b>	<b>69</b>
Kraftfuttermischung	901	196	28	76	81	6,7	65,7
<b>DLG-Werte</b>	<b>890</b>	<b>180</b>	<b>20-60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>6,2-6,7</b>	<b>-</b>

TS = Trockensubstanz

OS = organische Substanz,

XP = Rohprotein,

XA = Rohasche,

XF = Rohfaser,

XL = Rohfett,

NEL = Nettoenergie Laktation

VQ = Verdaulichkeitsquotient

Zum Vergleich aus der DLG-Futtermitteltabelle wurden folgende Bezeichnungen verwendet:

<u>Untersuchte Futtermittel</u>	<u>DLG-Futtermitteltabellen</u>
Häckselstroh:	Weizenstroh
Vicia-Heu:	Persischer Klee 1. Aufwüchse, Beginn bis Mitte Blüte
Weizen:	Weizen (hart), Körner
Gerste:	
Sommergerste, Körner	
Weizenfuttermehl:	Weizenkleie
Kraftfuttermischung:	DLG-Standard II

Es wurde ein Vergleich zwischen den Roh Nährstoffwerten der untersuchten und vergleichbaren Futtermitteln aus der DLG Futtermitteltabelle durchgeführt. Dabei lagen die TS-Gehalte aller untersuchten Futtermittel vergleichsweise höher als dort. Der Unterschied betrug zwischen 10 g/kg beim Baumwollextraktionsschrot und bis zu 70 g/kg Frischmasse beim Häckselstroh. Hinsichtlich Rohprotein, Rohfett, Rohasche, Rohfaser, Verdaulichkeit und der NEL zeigten die Komponente des Kraftfutters keine große Abweichung von der Futtermitteltabelle. Bei Grobfutter dagegen konnte bezüglich des Gehaltes an Rohasche und Rohfaser eine große Abweichung festgestellt werden. Beim untersuchten Häckselstroh lag der Rohaschegehalt um ca. 100 g/kg TS höher, der Gehalt an Rohfaser dagegen um ca. 50 g/kg TS niedriger.

Wie man aus der Tabelle ersehen kann, ist der Verdaulichkeitsquotient der untersuchten Getreidesorten Gerste und Weizen um 6 – 12 % niedriger als nach den Werten aus der Futtermitteltabelle.

## **5.4 Optimierung der Verfahren der Strohbereitstellung**

Die Optimierung der Bergung und des Transportes von Stroh mit den dazu gehörenden Umschlags- und Lagerungsprozessen soll letztendlich dazu führen, die Produktionskosten für Milch zu senken. Dabei kommt es auf die Dichteerhöhung des Transportgutes an. Außerdem ist es wichtig, die dadurch entstandenen positiven wie negativen Nebeneffekte in Betracht zu ziehen. Diese helfen bei der Bewertung und der Entscheidung für ein optimiertes Verfahren.

### 5.4.1 Optimierung der Strohernte

Eine zentrale Rolle im Optimierungsprozeß der Strohbergung kommt der Gutdichte zu. Die Häcksel-, Pellet- und Brikettlinien liefern ein schüttfähiges Produkt. Für Ballen hingegen sind vollkommen andere betriebliche Abläufe erforderlich. Es wurde davon ausgegangen, daß all diese Prozesse bereits vor dem Transport, also auf dem Feld oder in dessen unmittelbarer Nähe stattfinden, damit die dadurch erzielten Effekte beim Transport voll nutzbar werden können. In der Literatur bekannte und im Untersuchungsbetrieb praktizierte Strohkompaktierungsmethoden wurden betrachtet und in Bezug auf bestimmte Kriterien untereinander verglichen. Dabei handelt es sich um verschiedene Kompaktierungsformen, die nachfolgend vorgestellt werden:

- Häckseln und Absacken
- Erzeugung von Ballen
- Brikettieren/Pelletieren

Die Maschinenketten der einzelnen Bearbeitungslinien sind in Abbildung 19 ablesbar.

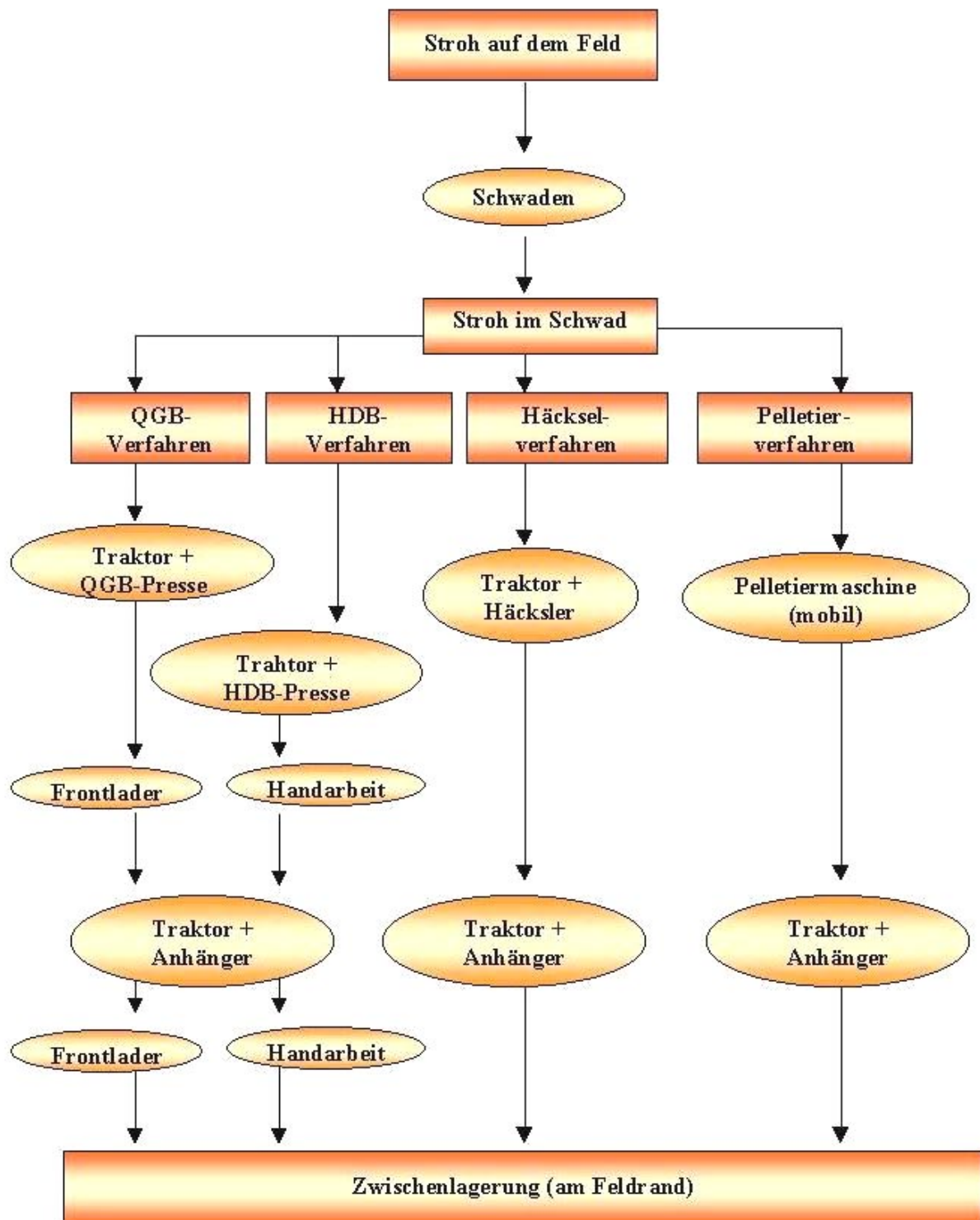


Abb. 19: Notwendige Maschinenketten im Strohbereitstellungsprozeß im feldnahen Einsatz (Strohernte – Zwischenlagerung am Feldrand)

Der erste maschinelle Einsatz beginnt mit dem Schwadmäher, der das vom Mähdrescher hinterlassene Reststroh auf ca. 5 cm Länge abschneidet und in Schwaden ablegt. Danach besteht die Möglichkeit, aus dem Stroh Ballen, Häckselgut, Pellets und Briketts zu erzeugen. Die vom Traktor angetriebene Ballenpreßmaschine läßt die Ballen auf dem Feld liegen, die dann im

Fälle von Quadergroßballen per Frontlader auf Anhänger geladen und am Feldrand zwischengelagert werden. HD-Ballen dagegen können per Hand gesammelt bzw. auf den Anhänger geladen und zum Feldzwischenlager gebracht werden.

Auch das Häckselgut wird zunächst am Feldrand gesammelt und dort manuell in Plastiksäcke gefüllt. Das mit der mobilen Pelletiermaschine erzeugte Gut wird ähnlich dem Häckselgut gelagert.

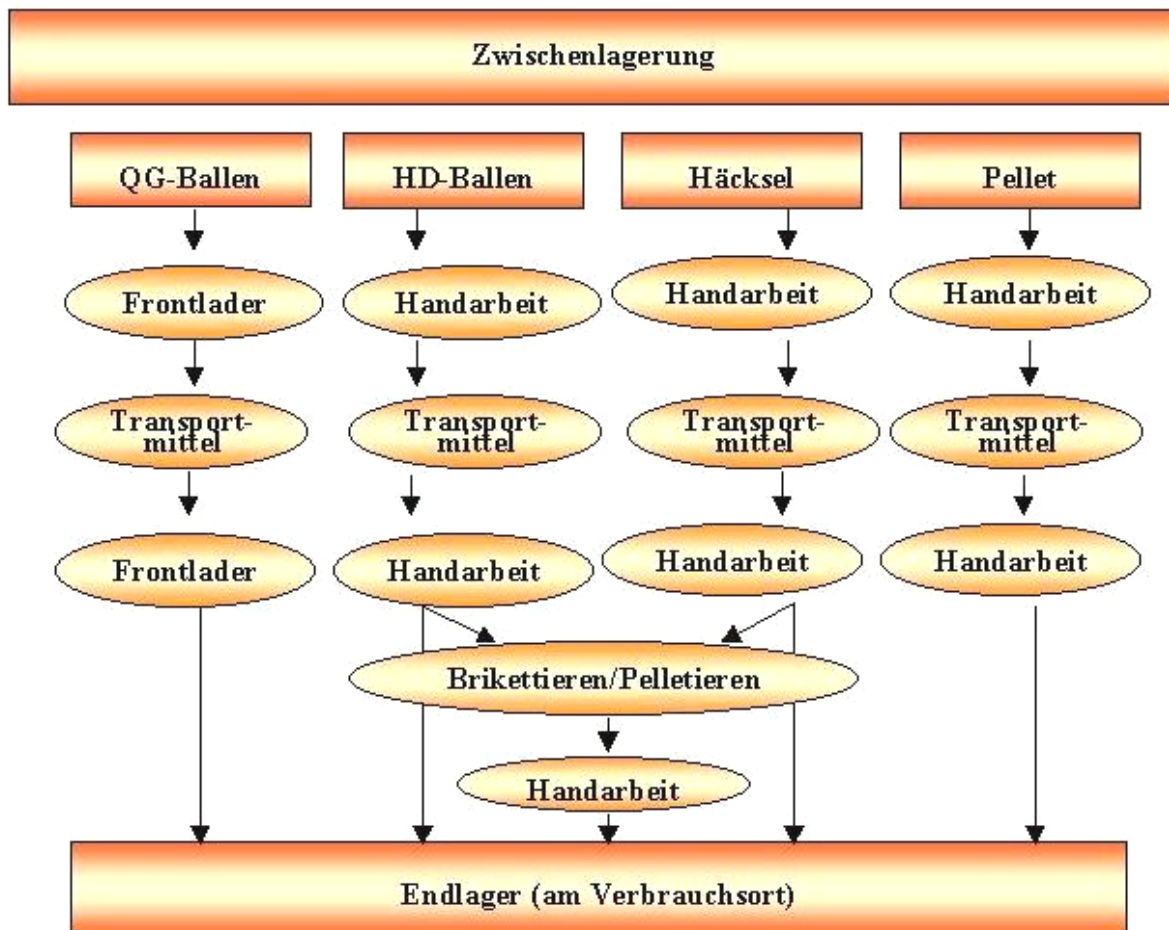


Abb. 20: Notwendige Maschinenketten im Strohbereitstellungsprozeß vom Zwischenlager (Feldnähe) bis zum Verbrauchsort Einsatz (Zwischenlager - Endlager)

Bei den Ballenformen wurden zwei Varianten der Quaderballen berücksichtigt. Einerseits die schweren Großballen, die nur mit Hilfe von Frontladern bzw. Gabelstaplern be- und entladen werden, andererseits kleine Hochdruckballen, die per Hand bewegt werden können. Rundballen wurden aufgrund ihres hohen Anspruchs an das Transportvolumen vom Optimierungsprozeß ausgeschlossen.

Während zum Auf- und Abladen der Großquaderballen ein Frontlader benötigt wird, ist die Be- und Entladung der HD-Ballen per Hand möglich. HD-Ballen können analog zum Häckselstroh entweder direkt zum Verbrauchsort oder zu den Pelletier- bzw. Brikettieranlagen

transportiert werden. Die Be- und Entladungsprozesse in den Bearbeitungsanlagen sowie am Milchproduktionsbetrieb können ebenfalls per Hand erfolgen. Auch die am Feldrand vorerst gelagerten Pellets aus der mobilen Pelletiermaschine können sowohl am Feldlager als auch am Verbrauchsort per Hand be- und entladen werden. Als Transportmittel zu den Pelletier- bzw. Brikettieranlagen und zum Milchproduktionsstandort kommen Lkw in Frage.

Wenn die Arbeitsvorgänge Mähen, Aufnehmen aus dem Schwad und Zerkleinern in einer Kompaktiermaschine integriert sind, fallen die Zwischenlagerungen am Feldrand aus.

Unterschiedlich sind die Techniken und Kosten der jeweiligen Verdichtungsaggregate. Im Rahmen dieser Arbeit wurde aufgrund der in Syrien vorherrschenden wirtschaftlichen Bedingungen auf möglichst kostengünstige, aber dennoch international übliche und zueinander passende Maschinen- bzw. Verfahrensketten einfacher Ausführung geachtet.

Um eine technologisch-ökonomische Einschätzung der Strohbergevarianten vornehmen zu können, wurden das Zusammenwirken von Arbeitskräften, Erntemaschinen und Transport- und Umschlagmitteln betrachtet. Den Schwerpunkt bildeten hierbei Feldhäcksler, Klein- und Quadergroßballenpressen, Traktoren, Anhänger sowie die Brikettier- und Pelletieranlagen.

Für die Erzeugung von Briketts wurde die fahrbare Brikettieranlage (Bavaria) und die selbstfahrende Haimer-Pelletiermaschine (Biotruck 2000) berücksichtigt. In die Herstellungsverfahren von Briketts wurde die HD-Ballenlinie einbezogen, bei der die Ballen zunächst in dieser Form am Feldrand gelagert oder auch in die Verarbeitungsanlage transportiert werden, wo die Ballen maschinell aufgelöst werden. Die Biotruck- Pelletiermaschine führt dagegen alle Vorarbeiten selbständig aus.

In die Berechnung der Verfahrenskosten fließen also die Kosten der Pelletier- und Brikettieranlagen ein. Es mußte berücksichtigt werden, daß die Brikettlinie den Transport des Strohs in eine zentrale Anlage erfordert. Dabei wurde eine Entfernung von ca. 100 km zwischen Feld und Verdichtungsanlage angenommen. Für andere Linien, die direkt am Anbaufeld arbeiten, gilt dies nicht.

Im Rahmen der Transportkostenermittlung von der Anlage zum Milchproduktionsbetrieb liefert die Anzahl der Transporteinheiten bzw. –einsätze, die in Abhängigkeit von den erzielten Gutdichten variieren, wichtige Informationen.

Für die Optimierung der HD-Ballenlinie wurde bewusst auf eine Ballenschleuder verzichtet, weil die Erhaltung der Arbeitsplätze für die billigen Arbeitskräfte im Vordergrund stand. Bei der Verarbeitung von Großballen dagegen wurde eine zusätzliche Investition für Frontlader sowohl im Strohanbaugebiet als auch in der Milchproduktionsanlage vorausgesetzt.

Die zugrunde gelegten Maschinenkosten wurden weitestgehend den Richtwerttabellen vom KTBL (Version MAKOST für Windows 2.0) entnommen.

Bei den Maschineneinsätzen wurde die Bearbeitung von 160 ha Ackerfläche bzw. 400 t Strohmenge pro Jahr vorausgesetzt. Die Optimierung der Strohbergung erfolgte anhand von Bemessungsgrundlagen, die auf Tabelle 14, aufgelistet wurden. Dabei wurde ein Ladevolumen von 100 m<sup>3</sup> unterstellt.

### **5.4.2 Optimierung des Strohtransports, des Umschlags sowie der Lagerung**

Die Optimierung der Strohbergungsverfahren wird in der Transportoptimierung widergespiegelt. Effekte, die in Bezug auf den Transport, die dazugehörigen Umschlagsprozesse und die Lagerung erzielt werden konnten, sind:

- Ausschöpfung der Transportleistung der eingesetzten Lkw
- geringe Transportkosten durch eine geringere Anzahl von Transporteinheiten
- höhere Transportsicherheit (Ladungsicherheit)
- Umweltentlastung durch geringere Emissionen bzw. geringeren Kraftstoffverbrauch
- höhere Arbeitssicherheit beim Be- und Entladen
- geringerer Lagerplatzbedarf
- geringere Straßenbeanspruchung
- geringere Strohverschmutzung

Anhand von Simulationsrechnungen konnten Veränderungen wichtiger Zielgrößen, wie die Transportleistung, die Gesamtmenge der transportierten Futterenergie und der Kraftstoffverbrauch, durch Variierung von Dichte, Ladevolumen, Nutzmasse, Geschwindigkeit und Füllungsgrad festgestellt werden. Eine Optimierung des Massenstromes wurde erreicht. Die Ergebnisse wurden als Grundlage im Optimierungsprozeß der Futterstrohbereitstellung benutzt (siehe Abbildungen 21 – 23).



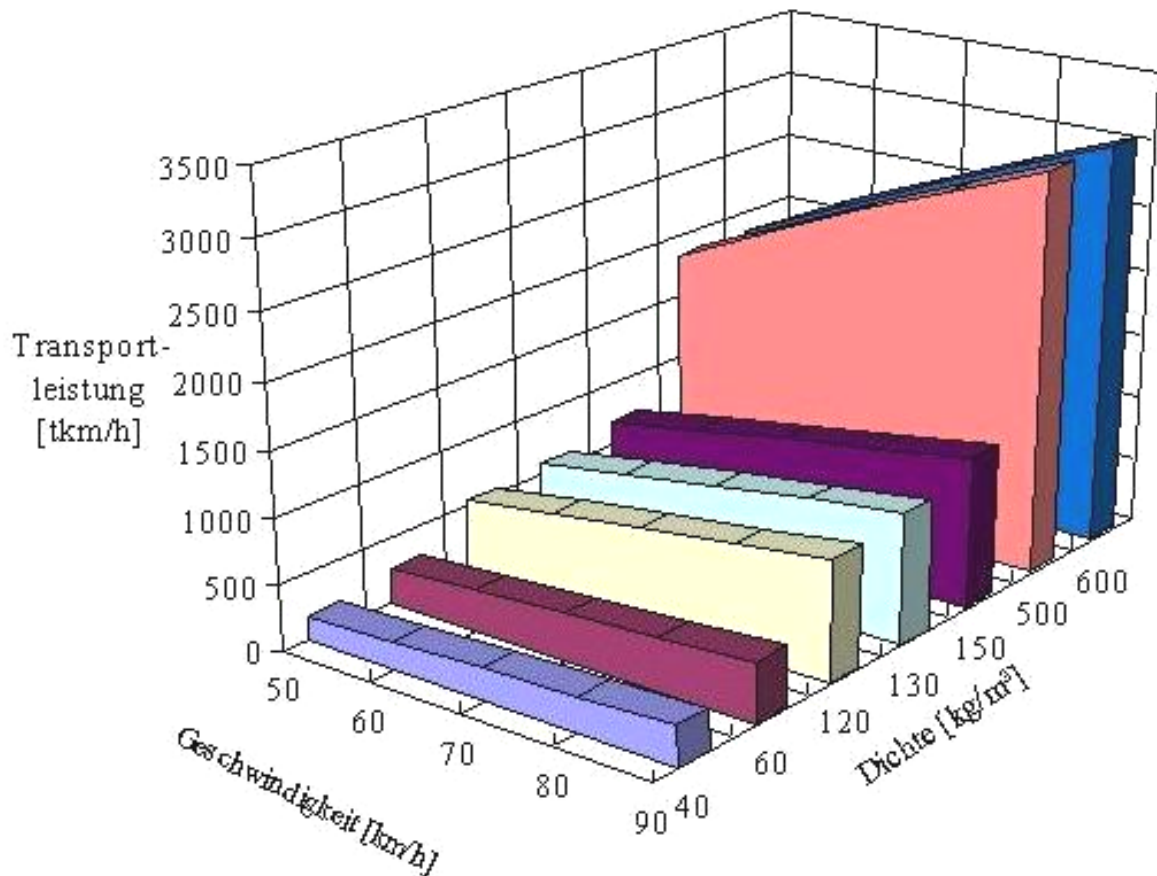


Abb. 21: Transportleistung bei einer Gesamttransportmenge von 400 t (Bemessungsgrundlagen gem. Tabelle 14)

In Abbildung 21 werden die Beziehungen der erreichbaren Dichte, Fahrgeschwindigkeit und der Transportleistung sichtbar. Dabei wird deutlich, daß die Transportleistung im wesentlichen von der Erhöhung der Dichte und der Fahrgeschwindigkeit beeinflusst wird. So erhöht sich die Transportleistung bei einer Erhöhung der Dichte von 60 auf 150 kg/m³ - bei einer konstanten Geschwindigkeit von 70 km/h - von 370 auf 930 tkm/h. Wenn darüber hinaus durch Brikettieren bzw. Pelletieren eine Dichteerhöhung von 500 bzw. 600 kg/m³ erreicht wird, beträgt die Transportleistung 2500 tkm/h. Die Begrenzung der Fahrgeschwindigkeit auf 70 km/h erfolgte aufgrund der Straßenbreite bzw. -qualität.

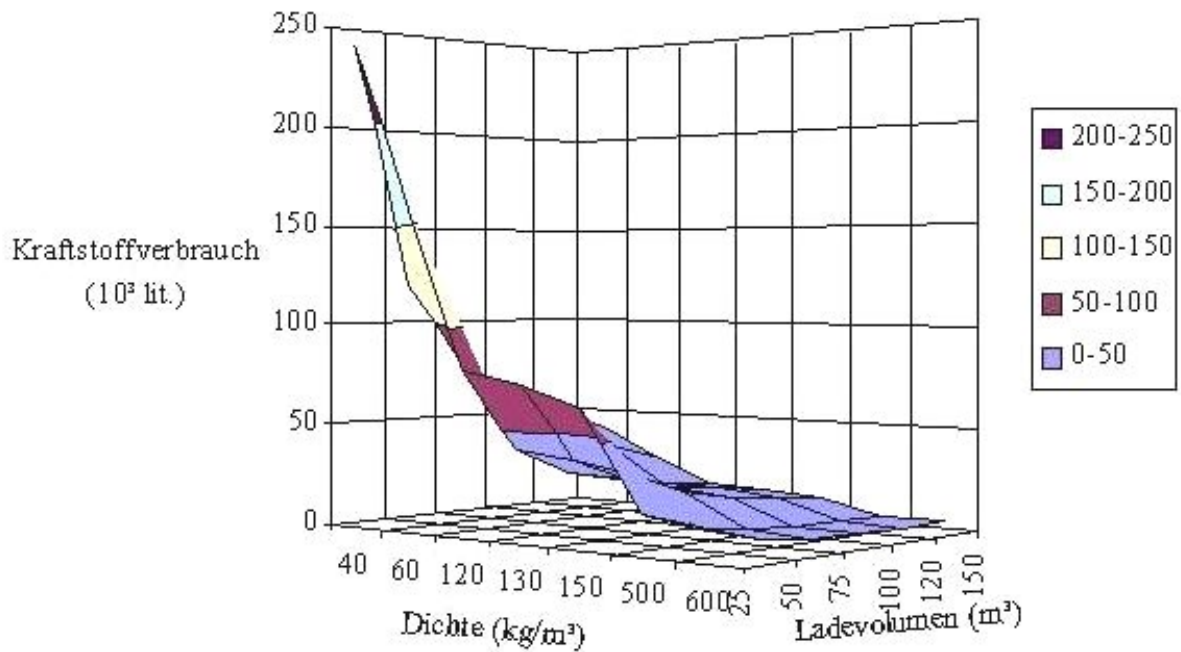


Abb. 22: Kraftstoffverbrauch für die Beförderung von 400 t. in Abhängigkeit von Dichte und Ladevolumen (Bemessungsgrundlagen gem. Tabelle 14)

Unterstellt man den Transport von 400 t Futterstroh, so hat die Dichte des Ladegutes den größten Einfluß auf die Verringerung des Kraftstoffverbrauchs. Dazu werden hier folgende Beispiele angeführt:

Bei einem Ladevolumen von 100 m³ und einer Dichte von 60 kg/m³ beträgt der Kraftstoffverbrauch 40.000 l, während eine Dichtenerhöhung auf 150 kg/m³ eine Verringerung des Kraftstoffverbrauchs auf 16.000 l zur Folge hat. Weitere Erhöhungen der Dichte durch Pellettierung und Brikettierung senken den Kraftstoffverbrauch auf ca. 4.000 l.

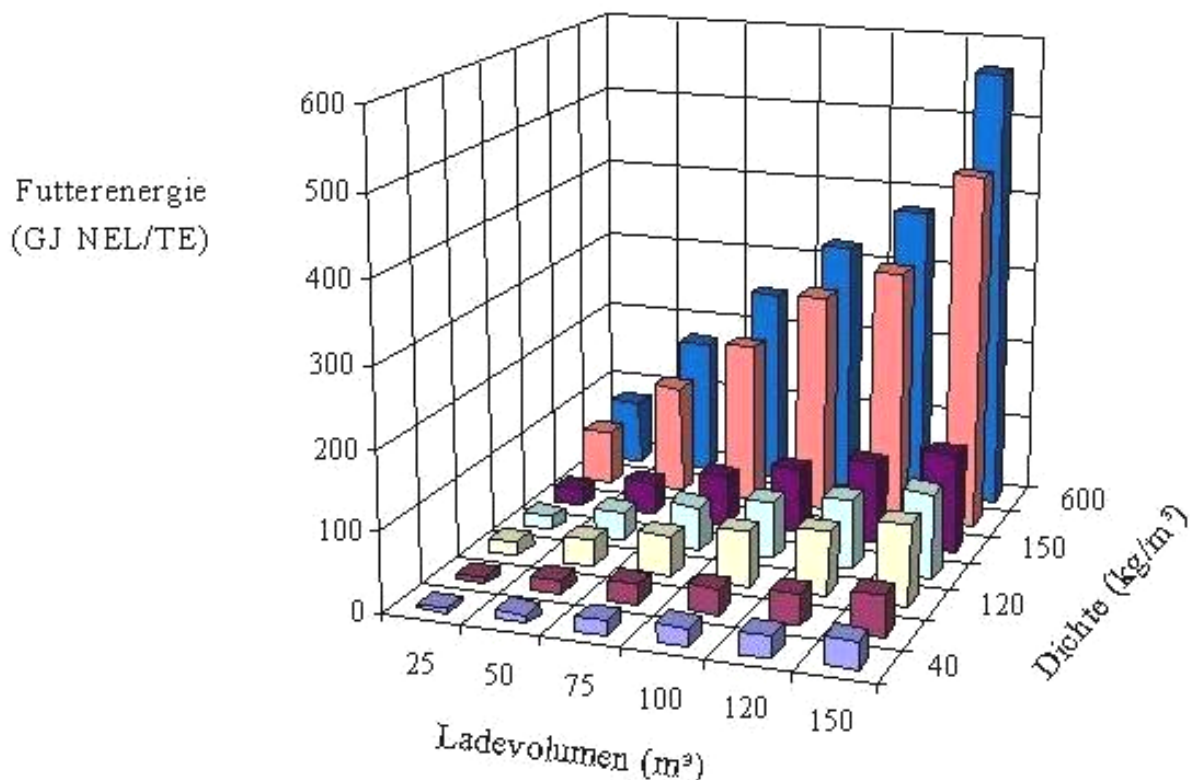


Abb. 23: Transportierte Futterenergie in Abhängigkeit von Dichte und Ladevolumen (Bemessungsgrundlagen gem. Tabelle 14)

Abbildung 23 zeigt den Zusammenhang zwischen Dichte, Ladevolumen und der pro Transporteinheit beförderten Futterenergiemenge aus Stroh. In diesem Zusammenhang kann man feststellen, daß auch hier die Dichte den größten Einfluß auf die transportierte Energiemenge ausübt.

Während bei einer Dichte von 60 kg/m³ und einem Ladevolumen von 100 m³ eine Energiemenge von 34 GJ/TE befördert wird, können bei einer Erhöhung der Dichte auf 150 kg/m³ pro Transport 84 GJ Futterenergie realisiert werden. Mit einem Energietransport von 280.000 bis 300.000 GJ/TE rufen die Pellet- und Brikettlinien den größten Effekt hervor. Es zeigt sich, welche Transportvariablen die Zielgröße am meisten beeinflussen. Je höher die Strohdichte, desto besser kann das zur Verfügung stehende Ladevolumen bzw. die Kapazität der Transportzüge ausgenutzt werden. Dementsprechend kommen weniger Transporteinheiten zum Einsatz, um die benötigte Gesamtmasse zu befördern. Der Verbrauch an Dieselmotorkraftstoff sinkt und die Umwelt wird entlastet.

## 5.5 Strohaufschluß mit Harnstoff

Für den Strohaufschluß wurden 4 kg Harnstoff in 100 l Wasser aufgelöst, mit 100 kg TS Stroh gründlich gemischt und sofort luftdicht abgedeckt. Nach einer einwöchigen Behandlungsdauer wurde das aufgeschlossene Stroh mit einem TS-Gehalt von ca. 50% an drei Milchkuhgruppen unterschiedlicher Milchleistung verfüttert.

Die Rohnährstoff- und Energiegehalte sowie Verdaulichkeit des behandelten Strohs aus der Laboranalyse werden in Tabelle 31 dargestellt.

*Tabelle 31: Analysenwerte des mit 4% igem Harnstoff behandelten Stroh im Vergleich zum unbehandelten Häckselstroh*

<b>Lagerungs- form</b>	<b>TS</b>	<b>OS</b>	<b>XP</b>	<b>XA</b>	<b>XF</b>	<b>XL</b>	<b>NfE</b>	<b>NEL</b>	<b>VQ</b>
	(%)	(g/kg TS)						(MJ/kg TS)	(%OS)
<i>Häckselstroh (unbehandelt)</i>	92,9	792	32	208	454	13	293	3,78	51,1
<i>Aufschlußstroh</i>	53,8	838	128	168	443	13	250	4,54	63,6
<i>Differenz</i>	-39,1	+46	+96	-40	-11	0	-43	+0,76	+12,5

*TS = Trockensubstanz*

*OS = organische Substanz,*

*XP = Rohprotein,*

*XA = Rohasche,*

*XF = Rohfaser,*

*XL = Rohfett,*

*NEL = Nettoenergie Laktation*

*VQ = Verdaulichkeitsquotient*

Es ist ersichtlich, daß durch den Aufschluß mit Harnstoff eine deutliche Erhöhung der Verdaulichkeit um 12,5%, des Rohproteinsgehaltes um 96 g und des Energiegehaltes um 0,76 MJ NEL/kg TS hervorgerufen wird. Auch die Reduzierung des analytisch ermittelten Rohfasergehaltes kann als Folge des Strohaufschlusses mit Harnstoff gesehen werden. Der Rohfettgehalt dagegen bleibt fast unverändert und der TS-Gehalt sinkt aufgrund der Wasserzugabe um etwa die Hälfte.

Innerhalb von 3 Tagen hatten sich die Kühe an das Futter gewöhnt. Vor der Verfütterung wurde das Stroh entlüftet und am Futtertisch mit Kraftfutter gemischt. Die Vorlage erfolgte 5 mal am Tage, um 6, 9, 12, 16 und 20 Uhr. Bei der letzten Fütterung gab es Stroh ad libitum. Die Entwicklung der Strohaufnahme innerhalb der ersten Fütterungswoche wird in Abbildung 24 zusammengefaßt.

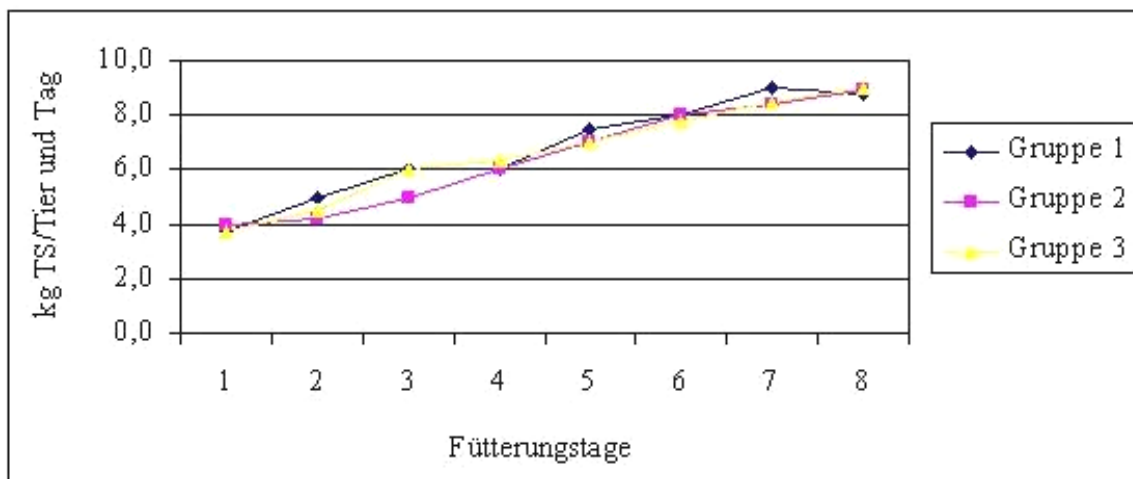


Abb.24: Entwicklung der Strohaufnahme nach dessen Behandlung mit Harnstoff

Für diesen orientierenden Versuch über das Verhalten der Tiere bei der Strohaufnahme wurden 12 Tiere in 3 Gruppen mit einer durchschnittlichen Gruppenmilchleistung von 26, 18 und 14 l/Kuh u. Tag aufgestellt. Dabei stellte sich heraus, daß im Verlauf des Versuchs innerhalb von 8 Tagen die TS-Aufnahme aus Stroh von 4 auf 9 kg TS anstieg. Die tägliche Überprüfung der Milchleistung ergab stabile Werte. Im Vergleich zur vorherigen Fütterung von 5 kg unbehandeltem Stroh erfolgte eine Erhöhung der Strohaufnahme um 4 kg TS/Tier u. Tag.

In der folgenden Tabelle wird der Zusammenhang zwischen der Einsatzmenge von Harnstoff und deren Wirkungen dargestellt. Dabei werden natives (unbehandeltes) und mit unterschiedlichen Harnstoffmengen aufgeschlossenen Stroh aufgeführt. Es handelt sich um zuvor gehäckseltes Stroh.

Tabelle 32: Analytische Ergebnisse zur Auswirkung unterschiedlicher Harnstoffkonzentration bei der Strohbehandlung auf Rohproteingehalt, Verdaulichkeit der organischen Substanz und Energiekonzentration

<b>Stroh-varianten</b>	<b>zugesetzter Harnstoff (%)</b>	<b>wiedergefundener Harnstoff (%)</b>	<b>Roh-Protein-gehalt (g/kg TS)</b>	<b>Roh-protein aus HS (g/kg TS)</b>	<b>VQ OS (%)</b>	<b>MJ ME (kg TS)</b>	<b>MJ NEL (kg TS)</b>
natives Stroh	0	0	32	0	51,1 (100%)	6,87 (100%)	3,78 (100%)
Aufschluß 1	3	2,4	106	74	61,5 (120%)	8,04 (117%)	4,41 (117%)
Aufschluß 2	4	3,3	131	99	64,5 (126%)	8,16 (119%)	4,54 (120%)
Aufschluß 3	6	5,1	188	156	66,5 (130%)	8,78 (128%)	4,86 (129%)

Die Aufschlußwirkung des Harnstoffeinsatzes ist dosisabhängig. Steigende Harnstoffkonzentrationen führen zur Erhöhung der Verdaulichkeit und des energetischen Futterwerts. Futterwertverbessernd wirkt sich auch die mit dem steigendem Harnstoffeinsatz in Verbindung stehende Erhöhung des Rohproteingehaltes des Strohs aus, wobei zu beachten ist, daß der steigende Rohproteingehalt allein auf den erhöhten Harnstoffgehalt im Stroh zurückzuführen ist. Dieser höhere Gehalt an Nichtproteinstickstoff (NPN) führt zur Begrenzung der möglichen Stroheinsatzmenge aus toxikologischer Sicht. Die maximal mögliche Harnstoffaufnahme von 240 g je Tier u. Tag bedeutet:

- a)      8 kg TS Stroh mit ca. 2,5 bis 3 % Harnstoff
 

8 x ca. 90 g RP	720 RP
8 x ca. 4,5 MJ NEL	36 MJ NEL
  
- b)      4 kg TS Stroh mit ca. 5 bis 6 % Harnstoff
 

4 x ca. 180 g RP	720 g RP
4 x ca. 4,9 MJ NEL	20 MJ NEL

## **5.6 Gestaltung angepaßter Futterrationen für Milchkühe auf Strohbasis**

### **5.6.1 Futterrationen auf der Basis von chemisch behandeltem Stroh**

Anhand des orientierenden Versuchs konnte nachgewiesen werden, daß größere Mengen von aufgeschlossenem Stroh aufgenommen wurden (Abbildung 24). Daraus resultiert die Notwendigkeit, Rationen mit einem hohen Anteil an aufgeschlossenem Stroh zu entwickeln. Für die Versorgung der Milchkühe können folgende Rationsvorschläge empfohlen werden.

Tabelle 33: *Angepaßte Tagesfütterration für laktierende und trockenstehende Kühe (LM = 650 kg) unter den Bedingungen arider und semiarider Gebiete*

<b>Rationskomponenten</b>	<b>Erhaltung</b>			<b>Trocken- steher 1. Phase</b>	<b>Trocken- steher 2. Phase</b>
	<b>+30 l</b>	<b>+ 20 l</b>	<b>+ 10 l</b>		
<i>Mit HS aufgeschlossenes Stroh (kg TS/Tag)</i>	5,0	7	7,4	7,4	5
<i>Vicia-Heu (kg TS/Tag)</i>	0,5	-	-	-	-
<i>betriebliche Kraftfuttermischung (kg TS/Tag)</i>	4,5	3,6	0,5	0,9	3,2
<i>Ergänzungsmischung:</i>					
<i>- Mais (kg TS/Tag)</i>	2,2	-	-	0,9	0,9
<i>- Gerste (kg TS/Tag)</i>	2,3	1,6	-	-	-
<i>- Weizenfuttermehl (kg TS/Tag)</i>	4,6	4,1	4,6	0,9	0,7
<i>TS – Aufnahme (kg)</i>	19,5	16,2	12,5	10	9,8
<i>Energiekonzentration (MJ NEL/kg TS)</i>	6,9	6,3	5,7	5,5	6,2
<i>Energiegehalt (MJ NEL/Tier u. Tag)</i>	133,6	102,6	71,6	55,4	60,8
<i>Rohprotein (%)</i>	16	15,3	14,4	13,5	15
<i>Rohfaser (%)</i>	17,9	23,8	30	34	27
<i>max. Harnstoff (g/Tag)</i>	200	210	220	220	200
<i>Energie reicht für ... l Milch</i>	30,2	20,5	10,7	5,6	7,3
<i>RP reicht für ... l Milch</i>	32,9	25	16	11,2	13

Die in Tabelle 33 aufgeführten fünf Rationen bestehen größtenteils aus mit Harnstoff aufgeschlossenen Stroh und Kraftfutter und sind dem Verlaufe einer Laktation angepaßt. Die betriebliche Kraftfuttermischung mußte durch mehrere Zusätze ergänzt werden. Anhand der Nährstoff- und Energiegehalte wurden die Rationen auf die von der DLG angegebenen Sollwerte geprüft, so daß mit ihnen eine leistungsgerechte Fütterung gewährleistet ist. Aus Sicherheitsgründen (für die Tiere) wurde ein Stroheinsatz von 7,4 kg TS als obere Grenze betrachtet.

## 5.7 Bewertung der Futterstrohbereitstellung

Wie bereits unter Abschnitt 4.6 beschrieben, galten für die Beurteilung der zu vergleichenden Strohkompaktierungsmethoden die Bewertungskriterien des Arbeitskräftebedarfs, der erreichbaren Schüttdichte (pro Transporteinheit beförderte Gutmenge), der Verfahrenskosten, des Energiebedarfs für den Herstellungsprozeß, des Dieselmotorkraftstoffverbrauchs für die Beförderung der insgesamt 400 t Stroh und der Futterschmutzung während der Strohernte.

*Tabelle 34: Vergleich der Strohkompaktierungsverfahren anhand ausgewählter Bewertungskriterien (nach Achilles, 1984; Hartmann und Strehler, 1995; Hempel, Füll, und Gläser, 1996)*

<b>Verfahren</b>	<b>erreichbare Schüttdichte (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>AK-Bedarf (n)</b>	<b>transportierte Futterenergie (GJ/TE)</b>	<b>Verfahrenskosten (DM/400 t Stroh)</b>
<i>Häcksellinie</i>	40 - 60	22	50	50.412
<i>HD Ballenlinie</i>	60-110	12	74	38.690
<i>Quadergroßballenlinie</i>	130-160	8	85	38.300
<i>Brikettlinie</i>	300-450	14	226	66.370
<i>Pelletlinie</i>	480-520	5	339	60.880

Anhand der in Tabelle 34 ausgeführten Bewertungskriterien und der in Tabelle 38 bestimmten Rangfolge wurde eine Vorzugslösung ausgearbeitet. Sie zeigt, daß die HD- und Quadergroßballenlinie als Gesamtverfahrenskosten besser abschneiden als die anderen Linien. Dagegen sind die Brikett- gefolgt von der Pelletlinien die teuersten Verfahren der Strohbergung. Die in Tabelle 34 ausgeführten Kompaktierungsmethoden wurden auf ihre Übertragbarkeit auf syrische Bedingungen geprüft. Die erreichbare Gutdichte gestattet eine unterschiedliche Auslastung der Transportfahrzeuge. Es wurde ein Standardvolumen von  $V_L = 100 \text{ m}^3$  und max. Nutzlast = 25 t unterstellt. Eine weitere volumetrische Überladung ist nicht zulässig. Die dabei zu erzielende Dichte, die Auslastungsmöglichkeiten des angenommenen Standardvolumens und die limitierenden Faktoren werden in Abbildung 25 dargestellt:



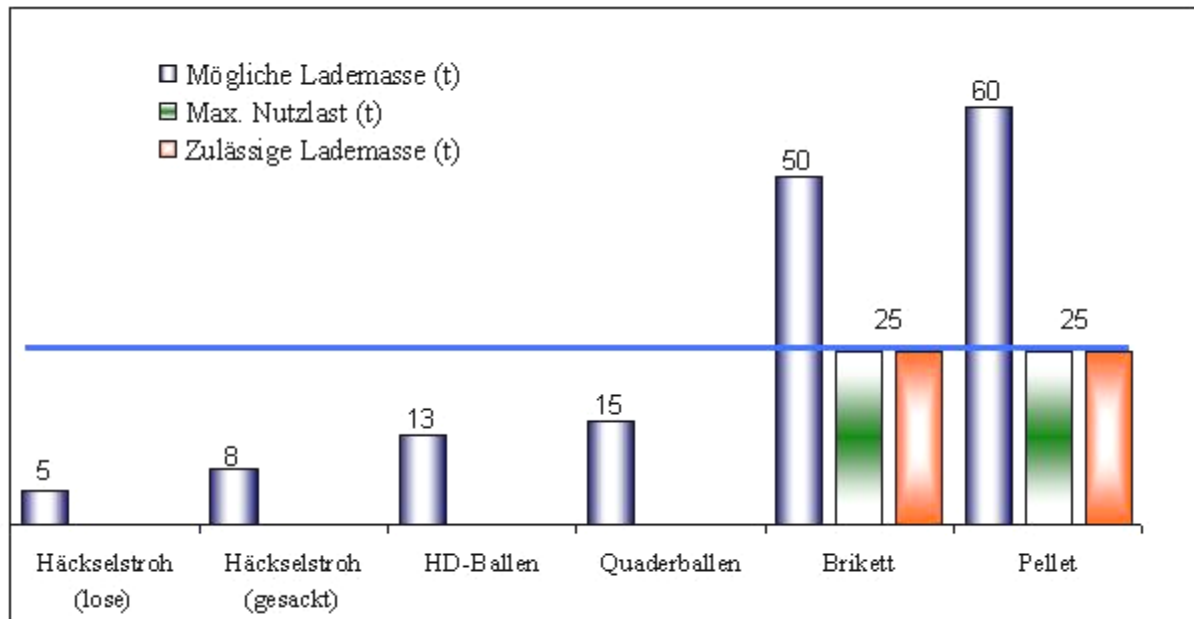


Abb. 25: Potentielle Lademasse mit unterschiedlich kompaktiertem Stroh ( $V_L = 100 \text{ m}^3$  und Nutzlastgrenze von 25 t) (nach Achilles, 1984; Fürll, Gläser und Hempel, 1996)

Bei brikettiertem Stroh oder bei Pellets könnten auf einem Lkw mit dem Ladevolumen  $V_L = 100 \text{ m}^3$  jeweils 50 bzw. 60 Tonnen Stroh transportiert werden. Dem stehen jedoch die von der Konstruktion vorgegebenen Achslastgrenzen und die gesetzlich vorgeschriebenen Straßenbelastungsgrenze von 25 t entgegen.

Eine ökonomische Bewertung der Futterstrohbereitstellung vom Feld bis zum Verbrauchsstandort, die sich durch unterschiedliche Bergungsverfahren ergibt, wird in der folgenden Tabelle dargestellt. Dabei wurden alle entstehenden Kosten nach dem Muster der Häcksellinie erfaßt bzw. berechnet, der die Bereitstellung von 400 t Stroh zugrunde liegt. Detaillierte An-

gaben über die Kostenzusammensetzung der eingesetzten bzw. berücksichtigten Maschinenketten sowie der Investitionsbedarf sind im Anhang angegeben. Für die anschließende Kostenberechnung der Strohernte wurde ein Strohertrag von 2,5 t/ha unterstellt, was der Strohbergung auf 160 ha und einer Maschinenleistung von 3 t/h entspricht. Nach dem Schwadlegen von 2 bis 3 Tagen werden mit einem 12stündigen Arbeitstag in 2 Arbeitsschichten werden innerhalb von 16 Arbeitstagen 400 Tonnen Futterstroh bereitgestellt, eine volle Kapazitätsauslastung der einzelnen Erntemaschinen und ein Ladevolumen der Lkw von 100 m<sup>3</sup> vorausgesetzt.

*Tabelle 35: Ökonomische Bewertung bei verschiedenen Linien der Strohbereitstellung in DM für 400 Tonnen Stroh bzw. 160 ha Erntefläche (nach Eggert, 1984; Hartmann, 1995 und KTBL, 1998: Makost 2 für Windows)*

<b>Kosten</b>	<b>Häcksellinie</b>	<b>HD-Ballenlinie</b>	<b>Quadergroßballenlinie</b>	<b>Brikettlinie (Bavaria)</b>	<b>Pelletlinie (Haimer)</b>
<i>Maschinen (Bergung)</i>	14.636	12.925	17.686	12.925	-
<i>Personal (Bergung)</i>	3.184	1.765	996	1.765	-
<i>Verarbeitung (Kompaktieren)</i>	-	-	-	41.600	50.800
<i>Transport zur MP-Anlage</i>	30.000	21.600	17.400	9600	9600
<i>Umschlag, Zwischen- und Endlagerung</i>	2.592	2.400	2.215	480	480
<b>Summe/400 t</b>	<b>50.412</b>	<b>38.690</b>	<b>38.300</b>	<b>66.370</b>	<b>60.880</b>
<b>Summe/t</b>	<b>123</b>	<b>97</b>	<b>96</b>	<b>166</b>	<b>152</b>

Da die Bewertung von Verfahren für einen bestimmten Zweck die Analyse möglicher Varianten voraussetzt, ergaben sich die in der Tabelle 35 ausgeführten international bewährten Strohbergungslinien. Für den obigen Vergleich wurde das gegenwärtige Häckselverfahren in Syrien, das übliche Pressverfahren zur Erzeugung von HD- und Quadergroßballen, eine fahrbare Brikettieranlage (Bavaria) und die mobile Haimer-Pelletiermaschine (Biotruck 2000) berücksichtigt und in die Berechnung einbezogen. Eine Auflistung der jeweiligen Verfahrenselemente ist im Anhang zusammengestellt.

Da die Pelletiermaschine zusätzlich zu den Kompaktierungskosten, wie oben beschrieben, auch noch Arbeitsschritte der Bergung integriert, werden die Kosten unter Kompaktierung zusammengefaßt. Bei Gemeinsamkeiten der verschiedenen Linien wurde auf die selben Kosten zugegriffen. Werden bei der Bergung ausschließlich die Maschinenkosten als Vergleichsgröße herangezogen, so schneidet das Verfahren der Quadergroßballen am günstigsten ab,

gefolgt von der HD-Ballenlinie. Innerhalb der Ballenlinie bedarf die Großballenlinie einer höheren Investition für Maschinen, jedoch verursacht sie geringere Personalkosten im Vergleich zu der HD-Ballenlinie. Vergleicht man die gegenwärtige Häcksellinie mit der Großballenlinie, so erbringt die Großballenlinie bei den gesamten Verfahrenskosten in der Strohbereitstellung eine Ersparnis von 22 %.

*Tabelle 36: Bewertung der Strohbereitstellungsverfahren anhand der erforderlichen Transporteinheiten und Dieseldienststoffmengen (für 400 t Stroh)*

<b>Parameter</b>	<b>Häcksel- linie</b>	<b>HD-Ballen- linie</b>	<b>Quader- groß- ballenlinie</b>	<b>Brikettlinie (Bavaria)</b>	<b>Pelletlinie (Haimer)</b>
<i>Transporteinheit (n)</i>	50	31	27	16	16
<i>Dieseldienststoff- verbrauch (10<sup>3</sup> l)</i>	32	20	17	10	10
<i>Dieseldienststoff- verbrauch (l/t)</i>	80	50	42,5	26	26

Trotz ihrer vergleichsweise geringeren Transporteinheit sowie des hohen Dieseldienststoffverbrauchs und geringer Umschlagkosten für die 400 t Stroh stellen sich die Verfahren der Brikettierung und Pelletierung bei allen Verfahrensabschnitten als die teuersten dar (Tabelle 36). Die Brikettierlinie ist um 26% teurer als die gegenwärtige Häcksellinie, da die Kosten der Anlage stark zu Buche schlagen. Der Kostenvergleich weist deutliche Vorteile für die Quadergroß- und HD-Ballenlinie gegenüber den anderen Linien aus.

Der Dieseldienststoffverbrauch ist bei der Häcksellinie gegenwärtig am höchsten, während er bei der Quadergroßballenlinie mit 42,5 l/t und bei den Pellet- und Brikettlinien mit 26 l/t deutlich niedriger liegt.

Für die energetische Bewertung werden die in der Tabelle 37 ausgeführten Prozeßenergiebedarfswerte verwendet.

*Tabelle 37: Gesamtenergiebedarf zur Bereitstellung von 400 t über verschiedenen Kompaktierungslinien (nach Wintzer et al., 1993; Scholz und Kaulfuß, 1995)*

<b>Energiebedarf für:</b>	<b>Häckselinie</b>	<b>Ballenlinie</b>	<b>Brikettlinie</b>	<b>Pelletlinie</b>
<i>Herstellung (MWh)</i>	960	240	1632	1440
<i>Transport- und Umschlag (MWh)</i>	348	200	111	109
<b>Summe</b>	<b>1308</b>	<b>440</b>	<b>1743</b>	<b>1549</b>

Der Energieaufwand für die Bereitstellung von Strohballen bedeutend ist geringer als der der restlichen Verfahren. Die Einsparung beträgt 75% gegenüber der Häcksellinie und 85% gegenüber der Brikettlinie. Dabei wurde aber eine Transportentfernung zwischen Bergungs- und Verbrauchsort von nur 30 km berücksichtigt. Der Energiebedarf beträgt für die Ballenlinie 23 % und für die Häcksellinie 35 % im Vergleich zur Pellett- und Brikettierlinie.

Anmerkung: Die in der Tabelle 37 angegebene Werte des fossilen Prozeßenergiebedarfs errechnen sich aus dem gesamten Energieertrag in MWh/ha (WINTZER et al., 1993). Die Angaben für Ballen sind nach den verschiedenen Ballenformen und Dichten differenziert. Für die Häcksellinie wurden vergleichbare Werte aus den Angaben von gehäckseltem Miscanthus nach SCHOLZ und KAULFUSS (1995) übernommen und umgerechnet.

Die Bestimmung von Rangfolgen vergleichbarer Verfahrensvarianten (siehe Tabelle 38) dient zur Auswahl von Vorzugslösungen im Optimierungsprozeß. Für die Bewertungskriterien wurden Meßzahlen ermittelt. Alle Gebrauchseigenschaften wurden gleichwertig betrachtet. An die Stelle des Gebrauchswertes der einzelnen Verfahrensvarianten wurde aus der Meßzahl und der Bewertungsnote die Variantenmeßzahl, die als Summe aller Gebrauchseigenschaften angesehen wird, gebildet. Dabei konnte die Quadergroßballenlinie die höchste Variantenmeßzahl erreichen und als Vorzugsvariante gelten. Die hier erarbeitete Rangfolge stimmt mit den zuvor durchgeführten ökonomischen und energetischen Verfahrensbewertungen überein.

*Tabelle 38: Rangfolgebestimmung als Voraussetzung zur Auswahl einer Vorzugslösung*

<b>Verfahrensvarianten</b>	<b>Rangfolge</b>
<i>Quadergroßballenlinie</i>	<i>1</i>
<i>HD-Ballenlinie</i>	<i>2</i>
<i>Pelletlinie</i>	<i>3</i>
<i>Brikettlinie</i>	<i>4</i>
<i>Häcksellinie</i>	<i>5</i>

## 6 *DISKUSSION DER ERGEBNISSE*

### 6.1 **Zu den gegenwärtigen Verfahren der Milchproduktion**

Einerseits erschweren die Rahmenbedingungen der Stadtperipherie von Damaskus eine intensive Milchviehhaltung mit betriebsnaher Futterproduktion, andererseits ist die Nachfrage nach Milch und Milchprodukten in der Stadt groß. Das erfordert eine Milchproduktion mit betriebsferner Futterproduktion.

Die Analyseergebnisse zeigen deutlich, daß die Verfahren der Milchproduktion nach Prinzipien der in den gemäßigten Regionen üblichen Verfahrensgestaltungen konzipiert wurden. Da eine Weidehaltung aufgrund des Wassermangels nicht möglich ist, bleibt die ganzjährige Stallhaltung die einzig mögliche Haltungsvariante. Die Entscheidung für das Laufstallsystem ist auch für diese Region eine Vorzugslösung. Mit ihr ist nach KAUFMANN (1996); WIEDEMANN u. SPANN, (1999) durch hohe Leistung und stabile Tiergesundheit, optimale Arbeitserledigung, gut sichtbare Brunstzeichen und Verminderung der Schäden an Euter, Zitzen und Sprunggelenken die Erfüllung tierphysiologischer und verhaltensbedingter Ansprüche gegeben. Die Aufteilung der Tiere in verschiedene Haltungs- bzw. Altersgruppen sowie Haltungsstufen unterscheidet sich nicht wesentlich von den in gemäßigten Regionen praktizierten Verfahren. Abweichungen gibt es nur in einzelnen Fällen, die einer Korrektur bedürfen. Die Wertungen in Tabelle 39 dienen der allgemeinen zusammenfassenden Bewertung der wesentlichen Verfahrensabschnitte im Beispielbetrieb. Eine nähere Beschreibung der verfahrenstechnischen Gegebenheiten folgt danach.

Tabelle 39: Auswertung der Analysenergebnisse der Milchproduktionsverfahren

Verfahren	Wertung	Bemerkungen
<b><u>Haltungsverfahren:</u></b>		
- Funktionstüchtigkeit der Haltungsbereiche	**	natürliche Lüftung durch offene Bauweise
- Klimagegestaltung	**	
- Tierplatzangebot	*	
- Entmistung	***	
<b><u>Fütterungsverfahren:</u></b>		
- Rationsgestaltung	***	Grundlage der Rationsberechnung
- Futtervorlage	*	Stimulation der Futteraufnahme
- Tier-Freßplatz-Verhältnis	**	
<b><u>Milchgewinnung:</u></b>		
- bauliche Voraussetzung des Melkstandes	***	Maßnahme der Melkhygiene
- Wartung und Reparatur des Melkstandes	***	
- Melkablauf	***	
- Lagerung und Kühlung der Milch	***	
<b><u>Management:</u></b>		
- Fruchtbarkeitsparameter/-geschehen	**	- Vorlage des Kraftfutters ist nicht leistungsgerecht - zur Zeit existiert keine Leistungsgruppe
- Arbeitsorganisation	***	
- Leistungs- bzw. Gruppenfütterung	—	

- \*\*\* sehr gut  
 \*\* gut  
 \* mittelmäßig  
 -- sehr schlecht  
 - schlecht

Im Allgemeinen konnte anhand der Analysenergebnisse festgestellt werden, daß die Haltungsverfahren denen der aus der Literatur bekannten entsprechen. Das auffällig großzügige Tierplatzangebot insbesondere in den Haltungsbereichen der Kälber und Jungrinder, kranker Tiere und des Deckbullens ist jedoch anzumerken. Die zur Verfügung stehende Gesamtfläche von 1.750 m<sup>2</sup> bzw. mehr als 18 m<sup>2</sup>/Tier für die Haltung der laktierenden Kühe (Produktionsbereich Abb. 14, Tabelle 16) ist überproportional groß im Vergleich zu den Literaturangaben. Dies gewährleistet zwar, insbesondere in den heißen Sommermonaten, eine bessere Luftzirkulation zwischen den Tieren, verursacht aber unnötige Verfahrenskosten (Baukosten), zumal

eine Erweiterung der Herdengröße zur Zeit nicht vorgesehen ist. Die in der Abbildung 13 dargestellte Senkung der relativen Luftfeuchtigkeit und Steigerung der Windgeschwindigkeit während der heißen Sommertemperaturen haben einen positiven Effekt bezüglich der Hitzebelastung der Tiere. Trotzdem erfordern die hohen Temperaturen am Standort der Milchproduktion eine Schattendachfläche für die Tiere. 550 m<sup>2</sup> der Stallfläche bieten den Tieren ein Schattenangebot. Mit einer Minstdachhöhe von 3 m wird die von WEST (1987) empfohlene Höhe von 3,70 m vom Fußboden zum tiefsten Punkt des Daches unterschritten und somit die Wärmeabstrahlung nicht ausreichend minimiert.

Der Bereich für die trockenstehenden Kühe (60 m<sup>2</sup>) ist mit einem Platzangebot von 4 m<sup>2</sup>/Tier bei Vollbelegung mit 15 Tieren sehr gering und haltungstechnisch nicht gerechtfertigt. (Tabelle 16) Nach heutigen Erkenntnissen sollte den Tieren ein Raum von insgesamt 90 m<sup>2</sup> zur Verfügung stehen.

Der freie Raum zwischen der Abteilung für kranke Tiere und dem Färsenbereich ist günstig gelöst. Die Größe des Krankbereichs ist mit 80 m<sup>2</sup> allerdings überdimensioniert.

Die vorhandene Schattendachfläche von 7 m<sup>2</sup>/Tier entspricht der von WEST (1987) als ausreichend bezeichnete Größe von 6,5-7,5 m<sup>2</sup>/Kuh. Die Freßplatzbreite mit 0,7 m entspricht den Empfehlungswerten von STRACK (1990) und KAUFMANN (1996) von 0,7-0,75 m/Kuh. Das Platzangebot für Kälber und Jungrinder liegt mit 12,5 m<sup>2</sup>/Tier deutlich über dem Mindestwert von 6 m<sup>2</sup>/Tier. Mit dem Angebot eines Schattendaches kann der Hitzestreß minimiert werden. Diese Reduzierung beträgt nach ROMAN-PONCE et. al. (1977); WIERSMA et. al. (1984) in JOHNSON (1991) ca. 30% der auf den Tierkörper einstrahlenden Wärme. Anhand der Leistungsentwicklung der laktierenden Kühe ist der negative Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Milchmenge leicht erkennbar (Tabelle 17). Die durchschnittliche Milchleistung nach der ersten Abkalbung (im ersten Betriebsjahr) betrug nur 4600 Liter/Tier. Erst in der 3. und 4. Laktation wurde eine Milchmenge zwischen 6.700 und 7.300 l erreicht. Die Leistungssteigerung mit zunehmender Laktationsanzahl geschieht erwartungsgemäß. Die Adaptation der Importtiere an die klimatischen Bedingungen ist ein zusätzlicher Einflußfaktor. Als Möglichkeit für die Verbesserung der Klimagestaltung bietet sich zur adiabaten Kühlung der Einsatz von Ventilatoren und Sprinkleranlagen an, der eine zusätzliche Wärmeentlastung der Tiere bringt und auch von LOMMATZSCH (1989); RADOSTITS, LESLIE und FETROW (1994); CHUNG, LEE, KIM, KIM und LEE (1997) empfohlen wird. Nach Untersuchungsergebnissen von JONES (2000) führt die Kombination von Schattendachangebot und Sprinkleranlage zu einer erhöhten Leistungsbereitschaft der Tiere. Mit Hilfe dieser Maßnahme konnte er bei Milchkühen in den heißen Gebieten Australiens eine Leistungssteigerung

von 190 bis 220 l Milch je Tier und Jahr feststellen. Als Voraussetzung dazu werden Bestandsgröße (je größer der Herdbestand, um so wirtschaftlicher), Investitionshöhe und Wasserverfügbarkeit genannt.

Die unter den in Abbildung 13 dargestellten klimatischen Bedingungen geborenen bzw. aufgezogenen Tiere zeigten eine deutlich höhere Milchleistung als ihre Mütter. Dies wird überwiegend auf die erhöhte Adaptationsfähigkeit der Nachkommen an die extremen Umweltbedingungen zurückgeführt. Ein Erfolg versprechender Weg zur Leistungssteigerung bei Nutztieren in den Tropen ist die Kreuzung von hitzeresistenten bodenständigen Rassen und Linien mit Hochleistungstieren aus den gemäßigten Breiten (NICHELMANN, 1999).

Einen zusätzlichen Einfluß hat die Verbesserung des genetischen Potentials durch den Spermaeinsatz von Hochleistungsbullen aus den USA.

Häufigkeit und Ablauf der Entmistung, Tierpflege und generelle Hygiene der einzelnen Haltungsbereiche erfolgen einwandfrei. Einstreumaterial im Laufstall ist nicht erforderlich, da Kot aufgrund der Sonneneinstrahlung bzw. der hohen Umgebungstemperatur schnell trocknet und Harn ebenso schnell verdunstet. Der trockene Dung fungiert somit als Kuhmatratze.

Die sinnvolle Verwertung tierischer Exkremente als natürlicher Dünger, vgl. auch THUM (1987) und LEGEL (1989), findet auf den umliegenden Betriebsflächen eine praktische Anwendung. Weitere Verwendungsmöglichkeiten der hier anfallenden Dungmenge sind für die Getreideanbauggebiete denkbar. So soll die Möglichkeit der Mitnahme anfallender Dungmengen auf der Rückfahrt der Strohtransporter geprüft werden.

In Anbetracht seiner Herdengröße besitzt der Betrieb nur unzureichende Futteranbauflächen am Milchproduktionsstandort. Daher ist er auf die kostenaufwendige Futterbereitstellung entfernter Getreidemärkte und niederschlagsreicherer Ackerbauggebiete angewiesen.

Die Rationsberechnung zeigt keine Abweichung von den bekannten Fütterungsnormen, was durch LEGEL (1999) festgestellt wurde. Kritisch anzumerken ist die fehlende Erfassung der aufgenommenen Stroh- bzw. Reststrohmengen. Da die Futtertröge von den Arbeitskräften nur alle 2 – 3 Tage geleert und mit neuem Häckselstroh befüllt werden, kann von einer Stimulation der Futteraufnahme nicht die Rede sein. Die nur zweimal täglich erfolgende Nachschüttung von Kraftfutter führt zusätzlich zu einer selektiven Aufnahme des Futters und stellt keinen Anreiz zum erneuten Aufsuchen des Futtertisches dar (BRUNSCH, 1996). Das unterstreicht die Notwendigkeit des Einsatzes von TMR (KAUFMANN, 1998; KÜBLER, 1998). Als Voraussetzung für den TMR-Einsatz weisen BOCKISCH, EBENDORF u. SICKERT (1991) auf eine hohe Mischgenauigkeit der einzelnen Rationskomponenten hin.



Darüber hinaus fördert die nur zweimalige Krippenvorlage des Futters Rankämpfe, die bei den schwächeren Tieren Leistungsdepressionen hervorrufen. Eine leistungs- und verhaltensbezogene Gruppenbildung und -fütterung ist also als Vorzugslösung zu betrachten. Schließlich erhöht diese Fütterungspraxis die Gefahr einer temporären Pansenazidose und der damit verbundenen Auswirkungen.

Neben dem Futtertisch im Jungrinderstall ist ein Schattenangebot für die langen und offenen Futterkrippen der laktierenden Kühe erforderlich, da sich sonst das Futter durch die Sonneneinstrahlung erwärmt und von den Tieren nicht mehr so gut aufgenommen wird (WEST, 1987; PETERS, 1999). Abgesehen davon nehmen Tiere ein lang liegendes Futter ohnehin nicht so gern auf.

Deshalb sollten außer dem stärkeren Einsatz von TMR weitere Maßnahmen zur Stimulation der Futteraufnahme ergriffen werden, wie etwa das Anfeuchten des Futters und das Beimischen geschmacksbildender Zusätze.

Das mit Harnstoff aufgeschlossene Stroh, das ca. 50% TS enthält und nach ADAS (1984) eine Geschmacksverbesserung mitbringt, trägt spürbar zur Leistungssteigerung bei.

Hinsichtlich der Tränkwasseraufnahme wird die Angabe von WEST (1987) bestätigt, daß die aus den gemäßigten Zonen importierten Hochleistungskühe in den Tropen einen erhöhten Wasserbedarf aufweisen. Dafür ist neben den erhöhten Umgebungstemperaturen und der Wärmeproduktion der Tiere auch die TS- bzw. rohfaserreiche Ration verantwortlich. In den heißen Sommermonaten nehmen die Kühe bis 125 l/Tag Trinkwasser auf. Ohne die nötige Wassermenge zum Trinken und Reinigen ist eine intensive Milchproduktion in den ariden und semiariden Gebieten nicht realisierbar.

Die von AHRLING (1989) und SPIEKERS (1998) geforderte Vorbereitungsfütterung der hochtragenden Tiere, die Anfütterung der abgekalbten Kühe sowie eine sachgemäße Kälberaufzucht sind im Untersuchungsbetrieb beispielhaft.

Das großzügig gebaute und mit mehreren Fenstern versehene Melkhaus bietet einen gut durchlüfteten Raum für das Melkpersonal und die Tiere. Die in der Literatur gestellten Anforderungen an die Milchgewinnung werden erfüllt.

Im Vergleich zu europäischen Verhältnissen ist die Beschäftigung von 9 Arbeitskräften einschließlich der Betriebsleitung in einem Betrieb mit 95 Milchkühen verhältnismäßig hoch. Der niedrige Mechanisierungsgrad wird zumindest teilweise durch die billig bezahlten Arbeitskräfte ausgeglichen. Damit dient das System zugleich einer Einkommensbeschaffung für die Menschen. Allerdings darf dabei nicht übersehen werden, daß die schwere körperliche

Arbeit die Menschen schwächt und daß die niedrigen Löhne weitgehend mit geringer Arbeitsmotivation verbunden sind.

Generell ist es schwierig, die von PABST (1990) für die gemäßigten Zonen angestrebte Zwischenkalbezeit von 350 bis 380 Tage und eine Zwischentragezeit von 40 bis 80 Tagen zu realisieren, da eine große Vielfalt von Einflußfaktoren dies in den tropischen und subtropischen Gebieten erschweren. Nach ANACKER u. BERGNER (1989) ist unter tropischen Bedingungen mit Zwischenkalbezeiten von über 400 Tagen zu rechnen, die sogar als optimal angesehen werden müssen. Daß der Beispielbetrieb trotz dieser ungünstigen Umweltbedingungen bei einem Besamungsindex von 1,7 eine durchschnittliche Zwischentragezeit von 80 bis 110 Tagen und eine Zwischenkalbezeit von 360 bis 400 Tagen erzielt, deutet auf ein gutes Management hin.

## **6.2 Zur Optimierung der Futterstrohbereitstellung**

Um einen effizienten Einsatz des Futterstrohs zu erreichen, müssen alle Prozesse innerhalb der logistischen Kette von der Feldablage des Strohs bis hin zur Lagerung am Verbrauchsort Berücksichtigung finden. Es genügt also nicht, die Transportleistung den Erfordernissen anzupassen und die Aufwendungen für die Transportglieder zu minimieren. Viel mehr muß auch dem Einsatz wirtschaftlich vertretbarer Kompaktierungs- und Umschlagverfahren Rechnung getragen werden. Somit können mehr Energie bzw. Futternährstoffe pro Transporteinheit transportiert werden. Dadurch wird die Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion verbessert und die Umwelt entlastet. Desweiteren führt die Vermeidung von wertmindernden Prozessen während der Feldliegezeiten und der Zwischenlagerungszeiten zur Optimierung des Stroh Einsatzes.

Der Lösungsansatz in Abb. 4 stellt die Optimierung der Futterstrohbereitstellung in den Mittelpunkt der Betrachtung. Er stützt sich auf eine Analyse der gegenwärtigen Futterstrohbereitstellung im Untersuchungsbetrieb. Dessen gegenwärtige Transportform mit Häckselstroh gefüllten Säcken entspricht nicht den internationalen Normen und wird auch von Syrien nur geduldet.

Die Hauptmerkmale des Ausgangszustandes sind:

- geringe Dichte, geringe Transportleistung, hoher Fahrzeugbedarf,
- geringer Mechanisierungsanspruch an Strohbergung und Fahrzeugbeladung,
- hoher Personal- und Arbeitszeitbedarf für die Fahrzeugbe- und -entladung,

- hohe physische Belastung und Unfallgefahr bei den Umschlagvorgängen,
- hohes Risiko der Wertminderung durch Witterungseinflüsse und Verschmutzung,
- hoher Energieaufwand infolge geringer Transportleistung und Luftwiderstandsverlust,
- hohe Verkehrswegebelastung durch überbreite Transportzüge.

Hauptansatzpunkt für die Rationalisierung ist die Dichteerhöhung durch Kompaktieren des Futterstrohs. Gegen die Hochverdichtung durch Verfahren der Pelletierung und Brikettierung sprechen die in Abb. 25 dargestellten Lastgrenzen für den Straßentransport, der hohe Prozeßenergiebedarf für das Verdichten (Tabelle 37) und die hohen Maschinenkosten (Tabelle 35). Damit können auch die in Abb. 21 und 23 erkennbaren günstigen Auswirkungen des hochverdichteten Strohs auf die Transportleistung und die transportierte Futterenergie nicht genutzt werden.

Einen guten Kompromiß bezüglich Transportleistung und Futterenergie bieten die durch Preßtechnik erreichbaren Gutdichten von 130 bis 160 kg/m<sup>3</sup> (Quadergroßballen). Mit der bisher realisierten Transportgeschwindigkeit von 70 bis 80 km/h wird bereits ein günstiger Leistungsbereich erreicht. (Abb. 21) Der genannte Dichtebereich erlaubt bei einem Normvolumen von 100 m<sup>3</sup> eine optimale Auslastung der verfügbaren Kapazitäten. Die gute Stapelbarkeit, insbesondere von Quadergroßballen, ermöglicht ein durchaus höheres Ladevolumen ohne zusätzliche Ladesicherung und Inanspruchnahme von Sonderregelungen. Damit wird eine genügend hohe Futterenergie je Transportumlauf erreicht. (Abb. 23)

Für ein Ladevolumen von etwa 150 m<sup>3</sup> je Transporteinheit spricht auch das Simulationsergebnis für den Dieselmotorkraftstoffbedarf. (Abb. 22) Bei moderaten Dichtewerten um 130 kg/m<sup>3</sup> werden relativ geringe DK-Bedarfswerte für die zu transportierende Gesamtstrohmenge ausgewiesen. Bei Einhaltung der Fahrzeugkonturen (2,5 m breit; 4 m hoch) bleibt auch die Verkehrswegebelastung in vertretbaren Grenzen. Der Vorteil einer reduzierten Luftwiderstandsleistung dieser Variante gegenüber der Ist-variante wurde in die Verbrauchswerte nicht einbezogen.

In der Kostenkalkulation müssen selbstverständlich die erhöhten Aufwendungen für Bereitstellung und Betrieb der Sammelpresse und des Frontladers sowie die Mehraufwendungen zum Auflösen der Preßballen am Verwertungsort berücksichtigt werden.

Trotz der bekannten Vorteile, wie z.B. die geringe Bergungskosten (BERTMANN, 1991), geringe Verluste (Verderben durch Niederschlag) im ungeschützten Ballenfreilager (UEBE u. SCHÄFER, 1990), scheiden Rundballen aufgrund ihres geringen Füllungsgrades und ihres hohen Anspruchs an Ladevolumen während des Transports (FERRERO, 1993) aus dem Op-

timierungsprozeß aus. Die hohen Transportkosten überwiegen die genannten Vorteile (Tabelle 9).

Mit dem in der Literatur vorkommenden Begriff „Strohballen“ ist eine Verfahrensbewertung oder die Erarbeitung von Vorzugslösungen schwierig. Die differenzierte Betrachtung der Quaderballen ermöglicht hingegen, verfahrensbedingte Unterschiede zwischen Hochdruck- und Quadergroßballen zu erkennen und die Vorteile verschiedener Einflußgrößen auf die Optimierung auszunutzen. Anhand ihrer Vergleichsergebnisse der Strohpresseverfahren bei Hochdruck- und Quadergroßballen geben HARTMANN u. STREHLER (1995) an, daß bei den Großquaderballen zwar  $30 \text{ kg/m}^3$  mehr Preßlingsdichte und 7 % mehr Lager- sowie Transportdichte erzielt werden, daß aber der Kapitalbedarf für die Großquaderballenlinie bei einem Leistungsbedarf von 35 kW über 70.000 DM ausmacht, während die Hochdruckballen nur 30.000 DM bedürfen.

An dieser Stelle soll auf die Notwendigkeit der Erfassung aller Verfahrensglieder verwiesen werden. Deshalb wurde bei der Verfahrensbewertung die Gesamtheit jeder Kompaktierungslinie berücksichtigt (Tabelle 36 - 38). Obwohl die finanziellen und energetischen Bewertungen für beide Ballenlinien sprechen, wird aus  $\text{CO}_2$ -Emissionsgründen empfohlen, die Quadergroßballen zu bevorzugen. Für die Strohbergung des Betriebes (400 t) reduziert sich der Dieselmotorkraftstoffverbrauch bei Quadergroßballen im Vergleich zu HD-Ballen um 11 l/t. Diese Menge entspricht einer verringerten Freisetzung von 11.205 kg  $\text{CO}_2$ . Gegenüber der Häcksel-  
linie beträgt die Senkung der  $\text{CO}_2$ -Emission sogar 48.800 kg. UEBE u. SCHÄFER (1990) wie auch BERTMANN (1991) bevorzugen den Einsatz von Quadergroßballen aufgrund ihres geringeren Energie- und Arbeitszeitbedarfs während der Bergung, hoher Leistungen beim Pressen, Zusammenfahren, Laden oder Stapeln sowie besserer Verteil- und Dosiermöglichkeiten am Verbrauchsort. Die von BERTMANN (1991) vorausgesetzte Technik mit einer Preßleistung von bis  $150 \text{ kg/m}^3$  ist im Betrieb verfügbar.

Bei der Zusammenstellung der Maschinen für die verschiedenen Kompaktierungslinien wurden die wirtschaftlichen Bedingungen syrischer Betriebe berücksichtigt, so daß Maschinen in einfacher Ausführung und zu günstigen Beschaffungspreisen in die Berechnungen einbezogen worden sind. Auch die sozialökonomischen Rahmenbedingungen der Mechanisierungsstrategie in Syrien müssen berücksichtigt werden, da die niedrigen Lohnkosten und die Absicht zur Erhaltung von Arbeitsplätzen in der Bewertung einen hohen Stellenwert haben. Ziel war deshalb eine Senkung des Investitionsbedarfs bei gleichzeitiger Schaffung von Arbeitsplätzen.

Die gegebenen Transportentfernungen erfordern den LKW-Einsatz. Die oberen Grenzen des Ladevolumens und die Art der Fahrzeuge müssen den gewählten Kompaktierungsformen von

Stroh angepaßt sein. Die Straßenverkehrsvorschriften begrenzen die zulässige Gesamtmasse der Fahrzeuge. Problematisch ist jedoch das maximale Ladegewicht von 25 Tonnen, das der Gesetzgeber in Syrien auf Grund der geringen Straßenqualität vorschreibt. Selbst die durch Quadergroßballen erzielbaren Vorteile können durch diese Vorschriften nicht genutzt werden. Die Möglichkeiten anderer Transportsysteme sind zu prüfen.

### **6.3 Zum Nährstoffgehalt der gegenwärtigen Futterrationen**

Die Notwendigkeit der Nährstoffanalyse bestand darin, daß es keine zuverlässige Quelle über die Nährstoffzusammensetzung der im Untersuchungsbetrieb eingesetzten Futtermittel gibt.

Werden die DLG-Futtermitteltabellen zum Vergleich verwendet, ist festzustellen, daß Abweichungen bei den zur Untersuchung gelangten Futtermitteln gegenüber den Tabellenwerten vergleichbarer Futtermittel vorzufinden sind. Generell lag der TS-Gehalt der untersuchten Futtermittel höher, was vorrangig auf die Anbau- sowie Erntebedingungen (hohe Temperaturen, geringe Luftfeuchtigkeit u.ä.) zurückzuführen ist. Z. B. beträgt der TS-Unterschied bei Stroh und Heu 40 g/kg Frischmasse, bei Weizen 23 und Gerste 23 bzw. 37 g/kg. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz lag bei Häckselstroh um ca. 4% und bei Heu um über 10%; ebenso höher lag die Energiekonzentration (Häckselstroh 0,4 und Heu 0,5 MJ NEL/kg TS). Die Ursachen liegen vor allem in einem vergleichsweise niedrigeren Rohfasergehalt des Strohs und Heus. Gravierende Abweichungen waren beim Rohaschegehalt der genannten Grundfutterkomponenten zu verzeichnen. Der Unterschied betrug bei Häckselstroh ca. 100 g/kg und bei Heu 75 g/kg TS bei einem Rohaschegehalt von ca. 177 g/kg TS. (vgl. Tab. 31) Bei einem Stroheinsatz von 7 kg TS/Ration entspricht dies einer Aufnahme von 1.240 g Rohasche je Tier und Tag.

Der erhöhte Rohaschegehalt ist im Wesentlichen auf eine Beimischung von Erde zurückzuführen. Dafür sind zwei Gründe zu nennen, die während der Strohernte vorzufinden sind:

1. Der tiefe Schnitt beim Nachmähen der Strohstoppen, wodurch eine Abtragung bzw. Beimischung von Erde verursacht wird.
2. Das Zwischenlagern des Häckselgutes an den Feldrändern, bevor die Strohsäcke befüllt werden.

Obwohl aus ernährungsphysiologischer Sicht eine Gefährdung der Tiere nicht auszuschließen ist, besteht das Hauptproblem in der mengenmäßigen Verdrängung der anderen Rohnährstofffraktionen, so daß die Aufnahme organischer Substanzen in der gleichen Größenordnung reduziert wird. Durch den hohen Rohaschegehalt der Futtermittel muß mit einer Reduzierung der Aufnahme verdaulicher Nährstoffe und Energie von 4 bis 5 % gerechnet werden. Diese Menge fällt bei der Berechnung der Rationen allerdings kaum ins Gewicht. Eine direkte Füllung der Säcke aus dem Anhänger könnte den Verschmutzungseffekt reduzieren. Da diese Anhänger aber bis zur kompletten Entladung stehen bleiben oder zusätzliche Anhänger für gleichzeitig ablaufende Arbeiten bereitgestellt werden müßten, würde diese Lösung eine weitere Investition voraussetzen. Auch aus dieser Sicht erweisen sich die Quadergroßballen als kostengünstig und energiesparend.

Bei einigen Gerste-Chargen, die durch ihre relativ geringe Korngröße auffielen, wurden in der Rohnährstoffanalyse etwas erhöhte Rohfasergehalte zu Lasten des NfE-Gehaltes festgestellt, so daß die Verdaulichkeit der organischen Substanz sowie die Energiekonzentration um relativ 3 bis 5 % niedriger lagen als bei den Gerste-Proben mit normaler Korngröße. Bei den Grobfuttermitteln dagegen bedarf es regelmäßiger Nährstoffanalysen.

#### **6.4 Zur Futterwerterhöhung der im Stroh enthaltenen Inhaltstoffe**

Im Untersuchungsbetrieb besteht eine Ration gegenwärtig aus 37 % Grobfutter mit einer Energiekonzentration von 3,78 MJ NEL/kg TS und einer Verdaulichkeit von 51 %. Damit wird die von KÜBLER (1998) geforderte hohe Grundfutterleistung nicht erreicht. Die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung, zumindest aber die Ausschöpfung des produktiven Leistungspotentials ist damit in Frage gestellt.

Ein weiterer Aspekt ist die erhöhte Wärmeproduktion im Tierkörper bei Tieren, die einen hohen Anteil von Grobfutter niedriger Qualität erhalten. In Verbindung mit ansteigenden Umgebungstemperaturen bringt die erhöhte Wärmeproduktion nach THATCHER und ROMAN-PONCE (1980); PUTNEY et al. (1988) in JOHNSON (1991) sowie LEGEL (1999) eine reduzierte Futteraufnahme mit sich, die zur Senkung der Milchleistung, zur Abnahme der Körpermasse und zur Verschlechterung der Fruchtbarkeit führen kann. Unter diesen Bedingungen wird ein erhöhter Einsatz von Kraftfutter als Vorzugslösung zum Ausschöpfen des Leistungspotentials bzw. zur Reduzierung der Wärmeproduktion angesehen. Dies wirkt sich jedoch auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes und die physiologischen Ansprüche der Tieren nachteilig aus, weil das kostengünstige und strukturwirksame, dennoch energiearme Grund-

futter (Stroh) durch das teure, energiereiche, aber strukturarme Kraftfutter in der Ration verdrängt wird (Abb. 12). Für ein Gleichgewicht in der Ökonomie des Betriebes sowie in der leistungs- und wiederkäuergerechten Fütterung und nicht zuletzt für eine standortangepaßte Rationsgestaltung ist die Futterwerterhöhung des Strohs unabdingbar.

Auch Maßnahmen zur Futterwerterhöhung im Sinne von Aufschlußverfahren gehören zu der Optimierung des Futterstroheinsatzes. Die Futterwerterhöhung soll vorzugsweise am Ort der Verwertung erfolgen, um eine zusätzliche Steigerung der Transportkosten durch Aufschlußwasser zu vermeiden.

Es ist wichtig, die Einflußfaktoren für die freiwillige Futteraufnahme von Stroh zu kennen. Dies sind die Verdaulichkeit im Pansen, die physikalische Form des Strohs, chemische Prozesse, andere Rationskomponenten und die Möglichkeiten zur Futterselektion. (GIVEN u. MOSS 1993; KUMAR u. SINGH, 1993).

Durch die Erhöhung der Energiekonzentration, der Verdaulichkeit und des Rohproteins über den Strohaufschluß wird ein Beitrag zur Fütterungsoptimierung geleistet. Die Bedingungen dafür sind in Syrien günstig. Harnstoff als Aufschlußmittel ist verfügbar und einfach in der Handhabung. Im Vergleich zu anderen Aufschlußvarianten beschreiben auch LOTTMANN (1978) und LEGEL (1999) die Harnstoffbehandlung als ein billiges Verfahren.

Der höhere Aufschlußeffekt von Natronlauge kann in Syrien aufgrund des hohen Ausrüstungsbedarfs, der Anwendungsrisiken, der hohen Chemikalienkosten und der geringen Verfügbarkeit gegenwärtig nicht genutzt werden. Darüber hinaus hatte der durchgeführte orientierende Versuch gezeigt, daß eine weitere Erhöhung der Einsatzmenge von Harnstoff über 4 % hinaus zwar eine Erhöhung der Energiekonzentration, der Verdaulichkeit sowie des Rohproteins mit sich bringt, eine Steigerung des Strohanteils in der Ration aber nicht möglich ist, weil eine Harnstoffmenge über 240 g/Tier u. Tag Intoxikationsprobleme verursachen kann (Tabelle 33). Bei einer Verbesserung der Energiekonzentration von 3,78 auf 4,54 MJ NEL/kg TS und einem Stroheinsatz von ca. 7 kg TS können im Untersuchungsbetrieb täglich über 500 MJ NEL bzw. ca. 185 GJ NEL jährlich aus dem Kraftfutter durch aufgeschlossenes Stroh ersetzt werden. Dieses Ersparnis an Energie entspricht 26 t TS Kraftfutter oder 53 t TS Häckselstroh im Jahr. Nach Abzug aller Behandlungskosten würde mit Harnstoff aufgeschlossenes Stroh 38 DM/GJ NEL kosten. Unbehandeltes Stroh würde hingegen 39,86 DM/GJ NEL kosten. (s. Tab. 21)

Anhand der von GAEDE (1979); RICHTER (1983); ADAS (1984); JEROCH, FLACHOWSKI u. WEIßBACH (1993) angegebenen Anreicherungs-möglichkeiten von zusätzlichem Stickstoff sowie der Versuchsergebnisse (Rohproteinerhöhung von ca. 100 g/kg

TS bei 4 %igem Harnstoffzusatz) kann dieses Aufschlussverfahren auch bei rohproteinarmen Rationen als Nährstoffausgleich genutzt werden. Auf die Verfügbarkeit von Wasser als wichtige Voraussetzung in ariden Gebieten sei hier nochmals hingewiesen.

## **6.5 Zur Gestaltung angepaßter Futterrationen**

Für die Gestaltung der Ration in heißen Klimaten können die bekannten Fütterungsnormen angewendet werden (LEGEL, 1999). Dabei muß jedoch der spezifische Energiebedarf zur Anpassung importierter Hochleistungstiere berücksichtigt werden. Wie in Tabelle 33 zu ersehen ist, besteht die neue Ration des Untersuchungsbetriebes aus mit Harnstoff behandeltem Stroh und Kraftfutter.

In Anlehnung an die Literatur und die eigenen Ergebnisse des orientierenden Fütterungsversuchs enthält eine Ration (bei Kühen mit 20 l, 10 l sowie Trockenstehern der ersten Phase) zwischen 7 und 7,4 kg TS/Tier u. Tag aufgeschlossenes Stroh im Vergleich zu den bisherigen 5 kg TS Häckselstroh. Somit konnten die teuersten Komponenten, Heu und Kraftfutter nährstoffäquivalent, durch Aufschlußstroh substituiert werden.

Ergebnissen von Fütterungsversuchen zufolge berichtet BURGSTALLER (1983) von einer  $\text{NH}_3$ -Getreidestrohaufnahme von 8 kg TS bei Milchkühen der Rasse Deutsches Schwarzbuntes Rind. Er schlußfolgert daraus, daß aufgeschlossenes Stroh als alleiniges Grundfutter etwa in der Menge verzehrt werden kann, die energetisch dem Erhaltungsbedarf entspricht. Dies ist vor allem aus zwei Gründen erklärbar, erstens aus der Erhöhung des Rohproteins, der Verdaulichkeit und der Energiekonzentration, also der Futterwerterhöhung, und zweitens aus der Geschmacksverbesserung (FLACHOWSKY, 1986).

Während BURGSTALLER (1983), FLACHOWSKY (1986) sowie andere unsere Versuchsergebnisse bestätigen, widersprechen u.a. KLING (1983) und KIRCHGESSNER (1987), die eine maximale Vorlage von 3 kg  $\text{NH}_3$  aufgeschlossenes Stroh bei Milchkühen vorsehen, dieser Aufnahmemenge. Die Unterschiedlichkeit dieser Aussagen ist relativ. Sie erklärt sich aus Unterschieden in der Zahl der Futterkomponenten einer Ration.

Nach betrieblichen Angaben wurden bisher für eine Kuh mit 20 l Milchleistung 10,2 kg TS Kraftfutter angeboten. Dieses Angebot wird bei den neu erarbeiteten Rationsempfehlungen (Tabelle 33) auf 5,2 kg TS gesenkt. Zusätzlich enthält diese Ration ca. 4 kg TS Weizenfuttermehl, das im Vergleich zur Kraftfuttermischung bedeutend billiger zu erwerben ist. Mit abnehmender Milchleistung, wie z.B. bei 10 l Milchleistung, geht die Menge an Kraftfutter auf 0,5 kg zurück, während die Strohmenge auf 7,4 kg TS/Tier u. Tag ansteigt. Diese Ration



ermöglicht eine leistungsgerechte Fütterung. Energie- und Nährstoffbedarf der Tiere werden gedeckt. Es wird unterstellt, daß die bisherige Mineralstoffmischung nach wie vor mit dem Kraftfutter verabreicht und Lecksteine in der Futterkrippe vorgelegt werden.

Die TS-Gesamtaufnahme liegt etwas unter den von der DLG benannten Werten (Tabelle 33), weil die Tiere aufgrund des verzehrsreduzierenden Effektes der hohen Umgebungstemperaturen nicht in der Lage sind, derartige Futtermengen aufzunehmen. Außerdem wirkt die hohe Rohfaseraufnahme infolge des hohen Rohfasergehaltes des Häckselstrohs und dessen schlechter Verdaulichkeit verzehrshemmend. Für die Deckung des Energiebedarfes wurde die Energiekonzentration der Ration erhöht.

Zur Anregung einer besseren Futteraufnahme wird die bewährte TMR empfohlen, wobei das aufgeschlossene Stroh mit ca. 50 % TS-Gehalt deutlich zur Anfeuchtung der Ration führt und in Kombination mit positiven geschmacklichen Einflüssen zur Verbesserung der Gesamtfutteraufnahme beitragen kann. Gleichmaßen ist zu berücksichtigen, daß die physikalischen und chemischen Strukturen der schwerverdaulichen Kohlenhydratfraktionen durch die Einwirkung des Aufschlußmediums Harnstoff verändert werden. Dies führt zu einer deutlichen Verbesserung der Verdaulichkeit nicht nur der Rohfaserfraktion des Strohs, sondern auch der organischen Substanz insgesamt. Auf die Passagerate des Aufschlußstrohs und der Gesamtration übt dies einen positiven Effekt aus und kann somit zur Erhöhung der Gesamtfutteraufnahme beitragen.

## **6.6 Zur Bewertung der Futterstrohbereitstellung**

Die Energiekennzahlen Prozeßenergiebedarf und Dieselkraftstoffverbrauch dürfen keinesfalls als Doppelbewertung angesehen werden. Beim Prozeßenergiebedarf handelt es sich um die Energieaufwendungen für die Erzeugung des transportfähigen Gutes (Häckselstroh, Ballen, Briketts und Pellets). Die Energiekennzahl Dieselkraftstoff umfaßt dagegen den Energieaufwand für die Beförderung der Gesamttransportmenge von 400 t über die gegebene Distanz von 800 km.

Generell kann gesagt werden, daß der gesamte Energiebedarf mit steigender Schüttdichte sinkt (NILSSON, 1991). Briketts und Pellets weisen aufgrund gleicher Transporteinheiten zur Beförderung der angegebenen Strohmenen den gleichen Kraftstoffverbrauch auf. Der Prozeßenergiebedarf für Briketts liegt dagegen höher, so daß eine getrennte Betrachtung der beiden Bewertungskriterien erforderlich ist.

Aufgrund der niedrigen Arbeitslöhne und Dieselpreise (0,20 DM/l) in Syrien spielen der AK- und Dieselkraftstoffbedarf im finanziellen Bewertungsprozeß eine untergeordnete Rolle. Der geringere Dieselkraftstoffaufwand ist für die Umwelt von Bedeutung (Abschnitt 6.2.). Die Maschinenkosten, die den größten Teil der Verfahrenskosten bilden, werden dagegen höher gewichtet.

Die Futtermverschmutzung hat wegen des gravierend hohen Rohaschegehalts große Bedeutung. Sie ist beim Häckselstroh, das auf der Erde weiter bearbeitet wird, am höchsten. Diesbezüglich bekommen alle andere Linien die gleiche Note, da sie gleich nach der Strohernte kompaktiert bzw. geräumt werden.

Aufgrund der erreichbaren Schüttdichten ergeben sich unterschiedliche Transporteinheiten (TE) für die Gesamttransportmenge. Die geringere Anzahl von Transporteinheiten ist von besonderer Bedeutung, da der Strohtransport in Syrien gegenwärtig nicht nach Masse sondern pro Fuhre bezahlt wird.

## 7 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUßFOLGERUNGEN

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, vorgefundene Formen der Bergung und Aufbereitung von Futterstroh in der syrischen Milchwirtschaft mit konzipierten ökonomischen Ergebnissen zu vergleichen und daraus Optimierungskriterien abzuleiten.

Dafür wurde ein Untersuchungsbetrieb ausgewählt, der durch seine klimatischen, ökonomischen, sozialen und juristischen Rahmenbedingungen wissenschaftlich interessante Ergebnisse versprach und die notwendige Analysetätigkeit ermöglichte.

Die gegenwärtige Form der Futterstrohbereitstellung (Häckselstroh) ist im Vergleich zu konzipierten Verfahren ökonomisch, verstößt aber gegen bestimmte gesetzliche Vorschriften und Grundsätze des Transports und der Arbeitssicherheit. Das mußte in Kauf genommen werden. Wenn allerdings standardisierte Transportlösungen zum Ausgangspunkt genommen werden, ergibt sich folgendes Bild:

Erstens: Aus der Sicht der Verfahrenskosten und der Energieaufwendungen, der durch den Dieselmotorkraftstoffverbrauch bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen, der Strohqualität sowie der sozioökonomischen Aspekte erweist sich die Quadergroßballenlinie als das optimale Verfahren. Mit ihr werden eine hohe Arbeits- bzw. Transportsicherheit, die bessere Ausschöpfung der Transportleistung und eine gewisse Entlastung des Straßenverkehrs erreicht.

Zweitens: Um die Futtermittelverschmutzung, die durch die Beimischung von Erde zustande kommt, zu reduzieren, sollte auf den Tiefschnitt verzichtet werden. Dadurch können die Prozeßabschnitte „zweite Mäharbeit und Schwadlegen“ vom gesamten Strohernteverfahren ausgeschlossen werden.

Drittens: Aus betriebswirtschaftlichen und sozioökonomischen Gründen sollte auf Maschineneinsätze verzichtet werden, die in zumutbarer Weise auch durch Handarbeit ersetzt werden können, wie z.B. das Auflösen der Ballen im Milchproduktionsbetrieb.

Viertens: Ausdrücklich wird empfohlen, die Möglichkeiten anderer Transportmittel (z. B. Bahn) zu untersuchen, um Kosten für den Strohtransport weiter zu senken.

Fünftens: Das Tierplatzangebot des Untersuchungsbetriebes entspricht mehr oder weniger den in der Literatur angegebenen Werten. Bei der zukünftigen Gestaltung der Haltungsräume sollte jedoch die vom Betrieb festgelegte Zahl von 100 laktierenden Kühen, einschließlich Aufzucht, ein ausreichendes Platzangebot zur Verfügung gestellt bekommen, um optimale Haltungsbedingungen zu gewährleisten.

Sechstens: Es wird empfohlen, den gesamten Haltungsbereich einschließlich der Futterkrippen für laktierende Kühe zu überdachen. Damit wird die Sonneneinstrahlung, die das Wohl-

befinden der Tiere beeinträchtigt und die Milchleistung senkt, stark reduziert. Um die Wärmeabstrahlung unter dem Dach so gering wie möglich zu halten, sollte die Mindestdachhöhe 3,6 m betragen. Für eine gute Durchlüftung im Haltungsbereich wird eine offene Wandbauweise vorgeschlagen.

Siebentens: Eine leistungsbezogene Gruppenbildung der 95 laktierenden Kühe wird im Produktionsbereich nicht vorgenommen. Dadurch ist eine leistungsgerechte Futtervorlage nicht gegeben. Außerdem überschreitet diese Gruppengröße die von Kaufmann (1996) empfohlene obere Grenze von 50 – 70 Kühen.

Die Möglichkeiten für Nährstoffanalysen sind gegenwärtig in Syrien sehr eingeschränkt. Bei den für Syrien typischen Abhängigkeiten der Rationskomponenten von gegebenen Angeboten ist eine regelmäßige Erfassung des Futterwertes Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Milchproduktion. Eine kontinuierliche organoleptische Begutachtung der einzelnen Rationskomponenten ist anzustreben, die Bewertungsergebnisse sind in der täglichen Rationskalkulation zu berücksichtigen. Darüber hinaus ist der Einsatz einfacher, kostengünstiger und schneller Analysemethoden mit hohem praktikablem Aussagewert, wie z. B. der Hohenheimer Futterwerttest (HFT), für die Schätzung der Energiekonzentration und Verdaulichkeit der eingesetzten Futtermittel bzw. der Gesamtration zu überprüfen.

Achtens: Um selektives Fressen durch die Tiere zu verhindern, sollte eine totale Mischration (TMR) zum Einsatz kommen. In den Morgen- und Abendstunden sollte mehrmals Frischfutter vorgelegt werden, da die zu dieser Zeit niedrigen Umgebungstemperaturen eine erhöhte Futteraufnahme gewährleisten.

Auf leistungsbezogene Rationen und Futtervorlagen nach Leistungsgruppen wurde mehrfach hingewiesen. Die Vorlage von Kraftfutter am Melkstand soll ebenfalls nach der Leistung der Tiere erfolgen.

Neuntens: Daß es möglich ist, teures Kraftfutter durch Stroh zu ersetzen, wurde nachgewiesen. Dabei wurde die Strohbehandlung mit 4 % Harnstoff als optimale Variante empfohlen, weil dadurch nicht nur höhere Verdaulichkeits- und Energiewerte bei der Strohaufnahme, sondern auch zusätzliche Stimulationseffekte für die Aufnahme von aufgeschlossenem Stroh geschaffen werden.

Neben der einfachen Verfügbarkeit von Harnstoff in Syrien hat sich dieses Verfahren als kostengünstige und einfach durchführbare Strohbehandlungsmethode erwiesen. Der Einsatz von 50 % Wasser schafft optimale Bedingungen für die Harnstoffwirkung und trägt zur Anfeuchtung der Ration bei. Da die Effizienz der Harnstoffbehandlung wärmeabhängig ist, wäre zu prüfen, ob für die Winterfütterung ein Vorrat im Sommer anzulegen ist.

Zehntens: Auch die Gestaltung laktations- und leistungsbezogener Futterrationen ist erforderlich, um die Einsatzmengen an Milchleistungsfutter und Getreide zu reduzieren und optimale Möglichkeiten zur Einbeziehung von Aufschlußstroh in die Fütterung zu erreichen. Frischmelkende und hochleistende Kühe müssen besonders hochwertige Rationen erhalten, die einen optimalen Stroheinsatz von 5 kg TS/Tier und Tag berücksichtigen.

In den anderen Laktationsstadien und während des Trockenstehens sollte der Anteil von Aufschlußstroh in der täglichen Ration auf 7 bis 8 kg TS erhöht werden. Die Kälber und Jungrinder können hinsichtlich der Nährstoffzusammensetzung die gleichen, oben bereits erwähnten Rationen, erhalten. Allerdings sollten Menge und Zusammensetzung dem Alter und Reproduktionsstatus der Tiere entsprechen. Höhere Stroheinsatzmengen sind aufgrund von toxikologischen Gefährdungen und negativen Einflüssen auf die Futteraufnahme und die Nährstoffverdaulichkeit der Gesamtration (Tätigkeit der Pansenflora) nicht anzuraten.

Die infolge der Harnstoffbehandlung erhöhte Rohproteinzufuhr über das Aufschlußstroh ermöglicht einen weitestgehenden Verzicht auf den Fütterungseinsatz von teurem Heu und verringert die zu verabreichende Kraftfuttermenge. Hiermit können 29 t Kraftfutter (233 GJ NEL) eingespart bzw. durch 66 t Aufschlußstroh ersetzt werden.

Wenn man die Effekte der Quadergroßballen und der anschließenden Harnstoffbehandlung am Verbrauchsort kombiniert betrachtet, bringen sie dem Betrieb eine finanzielle Entlastung von 13% seiner Jahresausgaben für Futtermittel. Außerdem trägt die Entscheidung für Quadergroßballen zur Umweltentlastung bei. Durch die Reduzierung des Dieselmotorkraftstoffverbrauchs für den Transport sinkt die CO<sub>2</sub>-Emission um 48.800 kg.

Diese Arbeit will einen Beitrag zur wissenschaftlichen Forschung leisten, kann und will aber keinen Vollständigkeitsanspruch erheben. Verschiedene Aspekte des Themas müssen vielmehr künftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben. In diesem Zusammenhang soll insbesondere hingewiesen werden auf

- ökonomische, soziale und ökologische Konsequenzen einer Verlagerung der Milch-
- produktion in die Futteranbaugebiete,
- die Herstellung von kompaktierten Komplettationen,
- die Erschließung von Futterquellen aus industriellen Abprodukten (By-products),
- die Überprüfung der Einsatzmenge mit Harnstoff behandelten Strohs,
- die Entlastung von Klimaeinflüssen durch Ventilation und adiabatische Kühlung,
- die Untersuchung alternativer Transportmöglichkeiten zur Futtergewinnung.

## LITERATURVERZEICHNIS

- ACHILLES, A. (1984): Technische Verfahren der Halmgutverdichtung, 1. KTBL Arbeitspapier 88, Darmstadt, S. 13
- ADAS (1984): On-farm treatment and feeding of Straw, Booklet Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, (UK) S. 1-9
- AHRLING, S. (1989): Effizienzaussagen unterschiedlicher Planungsmodelle zur Optimierung der Milchviehfütterung, Diss., Univ. Kiel
- ANACKER, G. und BERGNER, E. (1989): Allgemeine und spezielle Leistung. Nutztiere der Tropen und Subtropen, S. Hirzel Verlag, Leipzig
- ANON (1996): Tierproduktion in den Tropen und Subtropen - Tierzüchtung und Tierhaltung im Institut für Tierproduktion in den Tropen und Subtropen, Universität Hohenheim, Stuttgart (480)
- BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J.; WILCOX, C. J. and THATCHER, W. W. (1985): Effects of warm climates on Milk yield and composition (Short term effects), Redwood Burn Limited, Trowbridge (Britain)
- BERG, F. (1987): Ökonomische Betrachtungen zur Aufbereitung von Stroh, Feldwirtschaft 28, S. 64-65
- BERG, F.; PRÜFER, S.; SCHULZE, A.; MARX, I. und BAATH, M. (1984): Aufbereitungsbericht von Stroh zum hohen Verzehr, Agrarbuch Nr. 2., S. 5-6
- BERGNER, H. (1980): Chemische Grundlage des Strohaufschlusses in der Pelletierpresse, Arch. Tierernährung, Bd. 30 H. 1/2/3, S. 239-256
- BERGNER, H.; MÜLLER, J. und MARIENBURG, J. (1977): Die Ammonisierung von Stroh in der Pelletierpresse, Arch. Tierernährung, Bd. 29 H 1, S. 223-225
- BERNHARDT, H. und SCHERBARTH, L. (1990): Zur Großballentechnologie bei der Strohernte, Feldwirtschaft 31/6, S. 275-277
- BERTMANN, H. H. (1991): Was spricht für Quaderballen? Landtechnik 46/4, S. 144-145
- BOCKISCH, F. -J.; EBENDORF, W. und SICKERT, B. (1991): Entwicklungstendenzen für die Aufstallung, das Melken, Füttern und Entmisten unter Berücksichtigung der Rinderzucht und der fortschrittlichen Verfahren und Vorschläge für Neubauten in Milchviehhaltung in großen Beständen, KTBL-Arbeitspapier 164, (KTBL), Darmstadt
- BOGNER, H. [u.a.] (1983): Wirtschaftliche Milchviehhaltung und Rindermast, 2. vollkommen überarbeitete Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- BOXBERGER, J. (1994): Stallmist – fest und flüssig: Entmisten, Lagern, Ausbringen (Schriftenreihe der Bauberatung Zement), 2. überarbeitete und erw. Aufl., Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf.
- BRODY, S. A.; RAGSDALE, C.; THOMPSON, H. J. und WORSTELL, D. M. (1954): Milk Produktion in developing Countries, Redwood Burn Limited, Trowbridge Britain
- BROUCEK, J.; UHRINCAT, M.; KOVALCIKOVA, M. and ARAVE, C. W. (1998): Effects of heat Environment on performance, Behaviour and physiological responses of dairy cows. Fourth international Dairy Housing Conference. American society of agricul-

- tural Engineers Michigan, USA. S. 217-222
- BRUNSCH, R.; KAUFMANN, O.; LÜPFERT, T. (1996): Haltungsansprüche von Rindern. Rinderhaltung in Laufställen, Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart (Hohenheim)
- BUDDE, K. (1982): Komplexe Prozeßanalyse, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie
- BURGSTALLER, G. (1983): Strohaufschluß in Bayern und Norditalien, 3. Aufl., Hrsg. Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München
- BUSCH, W.; ELZE, K. und LANGE, W. (1989): Grundriß der Tiergesundheitslehre, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena
- CHILLIARD, Y. (1991): Physiological constraints to Milk production: Factors which determine nutrient partitioning. Lactation persistency and mobilization of body reserves, in: FAO Animal Production and Health Paper 86 (1991): FAO Rome
- CHUNG, T. Y.; LEE, H. M.; KIM, C. M.; KIM, D. I. and LEE, I. H. (1997): Effect of Sprinklers and fan cooling system for Holstein cows on physiological Parameter and Milk production in Korea. Beiträge zur 3. Internationalen Tagung 11. Und 12. März 1997 in Kiel: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- DAMMER, S. und PAPESCH, J. (1989): Einfluß der Transportentfernung auf die Auswahl der Strohernteverfahren, Agrartechnik 39 Berlin, S. 315-317
- DAUSEL, B. (1981): Analyse der Haltungs- und Fütterungsverfahren in der Milchproduktion des VEG (Z) Tierzucht Heinersdorf unter Berücksichtigung der MVA „Milko 2000“, Diplomarbeit, Univ., HU zu Berlin
- Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin (1970): Produktion von Milch, 2. überarbeitete Aufl., VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, S. 120-219
- DORNHEIM, F.; GERLACH, S. und ULRICH, K. (1974): Mechanisierungslösungen für die Stroh- und Ganzpflanzenpelletierung, Agrartechnik 24 Jg. Heft 6., S. 282-286
- FERRERO, A. F. (1993): Harvesting, storing and processing of rice straw for industry and ruminant feeding. (Conference proceedings Straw a valuable raw material 20.-22. April 1993 United kingdom). Pira international; Leatherhead, surrey; UK, S. 1-8
- FLACHOWSKI, G. (1987): Stroh als Futtermittel, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag,
- FLACOWSKY, G. (1986): Animal urine treated wheat straw as feedstuff, Arch.Anim. Nutr., H 36, S. 107-113
- FRIESECKE, H. (1984): Handbuch der praktischen Fütterung, 6. Aufl., BLV Verlagsgesellschaft mbH, München
- FÜRL, C.; GLÄSER, M. und HEMPEL, H. (1996): Dichteigenschaften von hochverdichteten Halmgütern, Landtechnik, 51. Jahrgang (3), S. 144-145
- GAEDE, N. (1979): Technik und Bau in der Tierhaltung, Der Tierzüchter 31 (8). Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Deutscher Tierzüchter, S. 348-350
- GEBHARDT, G. [u.a.] (1981): Tierproduktion: Tierernährung, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- GERIGHAUSEN, H. -G. (1998): Technik der Grund- und Kraftfuttermittel, in: Baubriefe der Landwirtschaft Heft 39 (1998): Milchviehhaltung, Landwirtschaftsverlag GmbH,

Münster-Hiltrup, S. 58

- GIVEN, D. I. und MOSS, A. R. (1993): Aspects of the nutritional Value of cereal straw for ruminants – a review. (Conference proceedings Straw a valuable raw material 20.-22. United Kingdom. Pira international; Leatherhead, Surrey; UK, S. 2-12
- GOLDENSTERN, H.; FÜBBEKE, A.; SPIEKERS, H. und GERIGHAUSEN, H. –G. (1998): Empfehlungen zur Fütterung, in: Baubriefe der Landwirtschaft Heft 39 (1998): Milchviehhaltung, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, S. 53
- GOTSCHALK, A.; ALPS, H. und ROSENBERGER, E. (1992): Praktische Rinderzucht und Rinderhaltung, 2. überarb. Aufl., BLV Verlagsgesellschaft mbH, München
- GOTSCHALK, A.; ROSENBERGER, E.; MAGER, A. und W. KUMMER (1982): Melken: Milch vom Euter zum Tank, in: 2. verbesserte Aufl., Verlag Eugen Ulmer, München
- GÖTZ, W. (1978): Strohaufschluß mit Natronlauge, Agrartechnik international, S. 20-21
- GÜTHER, G. (1977): Strohpelletierung und Pelletverfütterung, Landwirtschaftsausstellung der DDR Markkleeberg, S. 11-45
- HAEFNER, G.; PLESCHAK, F. und RÖSSEL, G. (1982): Prozeßanalyse und Rationalisierung, Verlag Die Landwirtschaft, Berlin
- HAHN, J. (1989): Transport: Technologische Prozesse der Pflanzenproduktion, (Hrsg. MÜLLER, M.), Deutscher Landwirtschaftlicher Verlag, Berlin
- HAHN, J. und FÜRLL, C. (1995): Logistik optimieren, Landtechnik 3/95, S. 130-131
- HAHN, J.; EDNER, H. –H. und BÖHME, H. (1986): Technologische Übungen: Technologische Prozesse der Pflanzenproduktion, 3. Arbeitsheft, S. 30-31
- HÄNEL, V. (1984): Stand der Technik der Großballenverfahren – Erfahrungen aus dem praktischen Einsatz bei der Strohernte, Agrartechnik, Berlin 34, S. 222-224
- HÄNEL, V. und MARX, W. (1990): Transport und Umschlag von Stroh als Stückgut, Agrartechnik 40, S. 118-119
- HANSEN, E. (1992): Milchkühltechnik und Wärmerückgewinnung aus der Milch, in: Baubriefe der Landwirtschaft Heft 33 (1992): Milchviehhaltung, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, S. 31-35
- HARRISON, W. M. and FARMLAB, F. (1993): High production straw based diets for ruminants. (Conference proceedings Straw a valuable raw material 20.-22. April 1993) Pira international; Leatherhead, Surrey; UK; S. 1-3
- HARTMANN, H. (1995): Analyse und Bewertung der Systeme zur Hochdruckverdichtung von Halmgut, Gelbes Heft 60, Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München
- HARTMANN, H., und STREHLER, A. (1995): Die Stellung der Biomasse, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 3, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster
- HEIMBÜRGE, H.; EBERTH, G. und RICHTER, G. (1988): Größere Lademassen und höhere Effektivität beim Strohtransport, Agrartechnik, Berlin 38, S. 301-303
- HEINIG, W. [u.a.] (1972): Rinderaufzucht/Milch und Fleischproduktion, 2. überarbeitete Aufl., VEB Landwirtschaftsverlag, Berlin, S. 48
- HEITING, N. (1994): Fütterungsgrundlagen für Kälberaufzucht, in: Baubriefe der Landwirt-



- schaft Heft 35 (1994): Kälberhaltung, Jungvieh, Rindermast und Mutterkuhhaltung, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, S. 24
- HERRMANN, A. und SORGE, R. (1992): Verfahrenstechnische Untersuchungen zu Leistung und Kosten bei der Strohernte mit Großballenverfahren, DLG-Mitteilungen agrar.inform 7, S. 36-38
- HORN, F. von (1999): Informationsgewinnung und -verarbeitung in Sammeltransporten für Halmgut-Großballen, Diplomarbeit, Univ. HU zu Berlin
- HÖRNING, B. (1997): Tiergerechtheit und Verfahrenstechnik eingestreuter Milchviehlaufställe in der Praxis, Diss., Univ. Kassel
- JEROCH, H. (1986): Vademekum der Fütterung, 2. überarbeitete Aufl., VEB Gustav Fischer Verlag, Jena
- JEROCH, H.; FLACHOWSKI, G. und WEIßBACH, F. (1993): Futtermittelkunde, Gustav Fischer Verlag, Jena
- JONES, R. (2000): Milk downs as cows hot up, CSIRO (Australia), Journal of Animal science (19), S. 538-540
- HORST, P. und REH, I. (1999): Tierzucht in den Tropen und Subtropen, 2. Aufl., Band 5. Eugen Ulmer, Stuttgart
- JOHNSON, H. D. (1991): The Lactating Cow in the various Ecosystems: environmental Effects on its Productivity, in: FAO Animal Production and Health Paper 86 (1991): Feeding dairy Cows in the tropics, FAO Rome
- KALTSCHMITT, M. (1995): Optimierung der Bereitstellungskette fester Biobrennstoffe, in: Logistik bei der Nutzung biogener Festbrennstoffe, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 5, Landwirtschaftsverlag GmbH
- KAUFMANN, O. (1996): Laufstallhaltungsformen, in: Rinderhaltung in Laufställen, Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart (Hohenheim)
- KAUFMANN, O. (1998): Verfahrensgestaltung und Management der Milchproduktion in größeren Beständen, in: Züchtungskunde, 70, (6). Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- KIRCHGEßNER, M. (1987): Tierernährung, 7. neubearbeitete Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- KLING, M. (1983): Handelsfuttermittel, Band 2, Teil B, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- KLUG, B. (1982): Aufschluß und Konservierung von Feuchtstroh, Abschlußbericht
- KOWALEWSKY, H. –H. (1992): Entmistung und Mistlagerung bei der Jungviehaufzucht und Rindermast, in: Baubriefe der Landwirtschaft Heft 33 (1992): Milchviehhaltung, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, S. 65
- KREUZ, E. (1974): Die Aufbereitung von Getreidestroh und Einsatz von aufbereitetem Stroh in der Ernährung der Wiederkäuer, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR Institut für landwirtschaftliche Information und Dokumentation, Band 12, Heft 3
- KÜBLER, H. (1998): Rationalisierung in größeren Milchviehherden, in: Baubriefe der Landwirtschaft Heft 39 (1998): Milchviehhaltung, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup
- KUMAR, N. and SINGH, K. (1993): Solid state fermentation of urea-ammonia treated wheat

- straw with *Co prinus Fimetarius*. (Conference proceedings Straw a valuable raw material 20.-22. April 1993). Pira international; Leatherhead, surrey; UK
- LEGEL, S. (1989): Nutztiere der Tropen und Subtropen, Band 1: Rinder, Hirzel Verlag, Leipzig
- LEGEL, S. (1999): Nährstoffversorgung und Futterverfügbarkeit, in: HORST, P. und REH, I. (1999): Tierzucht in den Tropen und Subtropen, 2. Aufl., Band 5. Ulmer, Stuttgart
- LINDEMANN, E.; KAUFMANN, O.; BRUNSCH, R. (1985): Wechselwirkungen zwischen Tier, Umwelt und Leistung in der Rinderproduktion aus technologischer Sicht. HU Berlin, Tag.-ber. Wechselwirkungen zwischen Tier, Umwelt und Leistung. S. 142-154
- LOMMATZSCH, R. (1989): Technologische Verfahren, in: LEGEL, S. (1989): Nutztiere der Tropen und Subtropen, Band 1: Rinder, Hirzel Verlag, Leipzig
- LOTTMANN, D. (1978): Lohnt sich der Strohaufschluß? DLG-Mitteilungen 10/1978, Heft 3.; DLG – Verlag, Frankfurt am Main
- LÜPPING, W. (1992): Betriebswirtschaftliche Fragen der Milchviehhaltung, in: Baubriefe der Landwirtschaft, Milchviehhaltung, Heft 33 (1992): Milchviehhaltung, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup
- MACKROTT, H. (1994): Milchviehhaltung, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart (Hohenheim)
- MARX, W., und BRÖHL, E. (1985): Technische und technologische Möglichkeiten der Aufwandsenkung beim Grobfuttertransport, Agrartechnik, Berlin 35. S. 367-370
- MATZKE, P.[u.a.] (1995): Wirtschaftliche Milchviehhaltung und Rindermast, 3. vollkommen überarbeitete und erweiterte Aufl., DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main
- Mc DOWELL, R. E. (1972): Improvement of Livestock production in warm climates, W. H. Freeman and Company San Francisco, USA
- MENKE, K. H.; RAAB, L.; SALWESKI, A.; STEINGAS, H. und FRITZ, D. (1979 b): Die Bestimmung des Gehaltes an Stärfkereinheiten und umsetzbarer Energie im Hohenheimer Futterwerttest (HFT), Der Tierzüchter 31, S. 20-22
- MESCHER, T. M. and VEENHUIZEN, M. A. (2000 ): Livestock housing ventilation: in Natural ventilation design and Management for Dairy AEX-113-95, Ohio State University Extension Food, Agricultural and Biological Engineering
- MÜLLER, K. und PRÜFER, S. (1979): Hinweise zur Ermittlung des Mindestlagerraumbedarfs für kompaktierte Trockengrobfuttermittel und Komponenten, Agrartechnik, S. 210-212
- MÜLLER, M. [u.a.] (1989): Technologische Grundlagen für die Landwirtschaft, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- MÜLLER, M. und PROCHNOW, A. (1996): Zur Bewertung von Maschinen und Verfahren in der Pflanzenproduktion, in: Agrartechnische Forschung 2 (1996) H. 1, S. 70-77
- MÜNCHOW, H. (1976): Untersuchungen über den Einfluß unterschiedlicher Rationstypen auf Strohbasis auf die Fermentation und die Produktionsrate flüchtiger Fettsäuren im Pansen laktierender Kühe, Diss., Univ. HU zu Berlin
- NEUBERT, G. und BAATH, M. (1977): Hinweise zu einem effektiven Stroheinsatz in der Rinderfütterung, Feldwirtschaft Nr. 2:

- NICHELMANN, M. (1999): Spezielle Probleme der Tierproduktion in den Tropen und Subtropen, in: HORST, P. und REH, I. (1999): Tierzucht in den Tropen und Subtropen, 2. Aufl., Band 5, Ulmer, Stuttgart
- NILSSON, D. (1991): Harvesting, Transport, Storage and upgrading of Straw as a Fuel. Swedish University of Agricultural Sciences Department of Agricultural Engineering, Report 150
- OWEN, O. and SAFO, O. (1993): Practical approaches to feeding straw. (Conference proceedings Straw a valuable raw material 20.-22. April 1993). Pira international; Leatherhead, Surrey; UK
- PABST, W. (1990): Die Aufzucht, in: GRANZ, WEISS, PABST und STRACK, (1990): Tierproduktion, 11. völlig neubearb. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- PAGOT, J. (1993): Animal production in the tropics and subtropics, 2. Edition, The Macmillan press Ltd., Hong Kong
- PERWANGER, W. A. (1983): Strohaufschluß in Bayern, Strohaufschluß in Norditalien. Bericht über eine Informationstagung am 2. März und ein Bericht über eine Exkursion vom 1. –3. Mai 1983, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München
- PETERS, K. (1999): Produktionstechnik bei den Nutztierarten, in: HORST, P. und REH, I. (1999): Tierzucht in den Tropen und Subtropen, 2. Aufl., Band 5, Eugen Ulmer, Stuttgart
- PROCHNOW, A. (2000): Bewertung von Technik und Verfahren für die großflächige integrierte Landschaftspflege in Brandenburg, Habil. Schrift, Univ. HU zu Berlin
- PUTNEY, D. J. [u.a.] (1991): Embryonic development in dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between days 1-7 post-insemination, in: FAO Animal Production and health paper 86 (1991): Feeding dairy Cows in the tropics, FAO Rome
- RADOSTITS, O. M.; LESLIE, K. E. und FETROW, J. (1994): Herd health: Food animal production Medicine, 2. Aufl., W. B. Saunders Company, USA
- REINHARD, L.[u.a.] (1986): Technologie der Tierproduktion, VFB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- REISCH, E. und ZEDDIES, J. (1992): Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre, Spezieller Teil, 3. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- RIST, M. und SCHRAGEL, I. (1992): Artgemäße Rinderhaltung, Verlag C. F. Müller, Karlsruhe
- RICHTER, W. (1983): Strohaufschluß in Bayern, Strohaufschluß in Norditalien. Bericht über eine Informationstagung am 2. März und ein Bericht über eine Exkursion vom 1. –3. Mai 1983, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München
- ROMAN-PONCE, H. [u.a] (1977) Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a sub-tropical environment, J. Dairy Sci. 60, S. 424
- SALLVIK, K. (1999): Environment for Animals in: CIGR (1999): Handbook-Animal production & Aquacultural Engineering, American society of agricultural engineers, USA

- SCHADE, K. und KOCH, F. (1990): Beispielhafte Milchviehlaufställe bis 40 Kuhplätze, KTBL-Schriftenvertrieb 343, S. 181-190
- SCHMIDT, H. G. [u.a.] (1980): Industriemäßige Rinderproduktion: Lehrbuch für die berufliche Spezialisierung, 3. Unveränderte Aufl., VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- SCHMIDT, R. (1999): Management conditions als key factor. European dairy farmers, DLG Newsletter EDNews of 12-1999, S. 14-16
- SCHMOLDT, P. (1991): Kälber- und Jungrinderaufzucht, Gustav Fischer Verlag, Jena
- SCHOLZ, V. (1996): Aufwand und Ertrag an Energie bei der Produktion von nachwachsenden Brennstoffen, Arch. Acker- Pfl. Boden., 1977 Vol. 41. Overseas publishers Association Amsterdam-The Netherlands, S. 75
- SCHOLZ, V. und KAULFUß, P. (1995): Energiebilanz für Biobrennstoffe, Forschungsberichte, Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB)
- SCHÖNER, F. J. (1981): Schätzung des energetischen Futterwertes von Milchleistungsfuttern (Ergänzungsfutter für Milchkühe) unter besonderer Berücksichtigung des Hohenheimer Futterwerttestes, Diss., Univ. Bonn
- SCHÖNER, F. J. und TUSCHEY, D. (1982): Schätzung des Energiegehaltes von Grundfutter nach dem Hohenheimer Futterwerttestes. Das wirtschaftseigene Futter, 28, S. 170-185
- SCHÜLER, D., HARTUNG, H.; MÜLLER, S. und JACOBI, U. (1990): Der Milchharnstoffgehalt – ein Kennwert für das Verhältnis von Protein zu Energie in Milchkuhrationen – kann mit Teststreifen gemessen werden, Tierzucht 44 (1990) 1, S. 14-15
- SMITH, A. J. (1985): Milk Produktion in developing Countries, 6 Trowbridge (Britain)
- SORGE, R. (1973): Zu einigen Problemen des Transportes von Häckselstroh nach dem Feldhäcksler E 280, Agrartechnik 23 Jg., S. 329-331
- SPAIN, J. N. und SPIERS, D. (1998): Effect of fan cooling on thermoregulatory responses of lactating cattle to moderate heat stress, in: Fourth international Dairy Housing Conference. American society of agricultural Engineers Michigan, USA
- SPIEKERS, H. (1998): Fütterungsstrategien für Leistungsherden, in: Baubriefe der Landwirtschaft (1998): Milchviehhaltung, Heft 39, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup
- STEINGAS, H. und MENKE, K. H. (1986): Tierernährung „Schätzung des energetischen Futterwertes aus der mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse“, Obers. Tierernährung 14, S. 251-270
- STRACK, K. E. (1990): Milchviehställe, in: GRANZ, WEISS, PABST und STRACK, (1990): Tierproduktion, 11. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin
- STROMEYER, H. (1982): Zum Einfluß der Verdichtung auf die Strohqualität während der Lagerung, Agrartechnik 32. Jg. Heft 3, S. 112-115
- THATCHER, W. W. and ROMAN-PONCE, H. (1991): Effect of climate on bovine reproduction and lactation in the Lactating Cow in the various Ecosystems, in: FAO Animal Production and Health Paper 86 (1991): Feeding dairy Cows in the tropics, FAO Rome

- THUM, E. (1987): Tierproduktion: Maschinen und Anlagen, 2. durchgesehene Aufl., VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- THURM, R. (1970): Technologie der landwirtschaftlichen Produktion, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- TILLEY, J. M. und TERRY, R. A. (1963): A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops, J. Br. Grassld soc. 18, S. 100-115
- UEBE, N. und SCHÄFER, F. (1990): Praktische Erfahrungen bei der Strohernte mit Rundballenpressen, Agrartechnik 40 (3), S. 116-117
- VAN DEN BERG, J. C. T. (1988): Dairy technology in the tropics and subtropics, Center of agricultural publishing and documentation Netherlands
- VAN DEN MEER, J. M. (1983): European in Vitro ring test 1983-statistical report, I. V. V. O., NL-8200 AD Lelystad, Postbus 160
- WENNER, H.-L. [u.a.] (1986): Verfahrenstechniken der tierischen Produktion, Die Landwirtschaft, Band 3: Landtechnik Bauwesen, 8. völlig neubearbeitete Aufl., BLV Verlagsgesellschaft mbH, München
- WEST, J. W. (1987): Managing & Feeding lactating Dairy cows in hot weather, Buletin 956. University of Georgia College of Agriculture, S. 5-11
- WIEDEMANN, F. und SPANN, B. (1999): Tierische Erzeugung: Rinderhaltung und Fütterung, Die Landwirtschaft, 11. Völlig neu bearb. Aufl., BLV Verlagsgesellschaft mbH, München
- WIERSMA, F.[u.a.] (1984): Housing systems for dairy production under warm weather conditions, in: FAO Animal Production and Health Paper 86 (1991): Feeding dairy Cows in the tropics, FAO Rome
- WINTZER, D.; FÜRNIß, B.; KLEIN-VIELHAUER, S.; LEIBE, L.; NIEKE, E.; RÖSCH, Ch. und TANGEN, H. (1993): Technikfolgenabschätzung zum Thema Nachwachsende Rohstoffe, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Sonderheft, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster
- WOIDKE, D.; BERGNER, H. und LENK, J. (1994): Laboruntersuchungen zur Strohkonserverung mittels Harnstoff- Kohlenhydrateinsatz, Zeitschrift der Wirtschaftseigene Futter, Band 40, Heft 2+3
- ZIMMER, H. J. [u.a.] (1974): Zusammensetzung von Stroh: Chemische Grundlagen des Strohaufschlusses in der Pelletierpresse, Arch. Tierernährung Bd. 30: H. 1/2/3. S. 239

## ANHANG

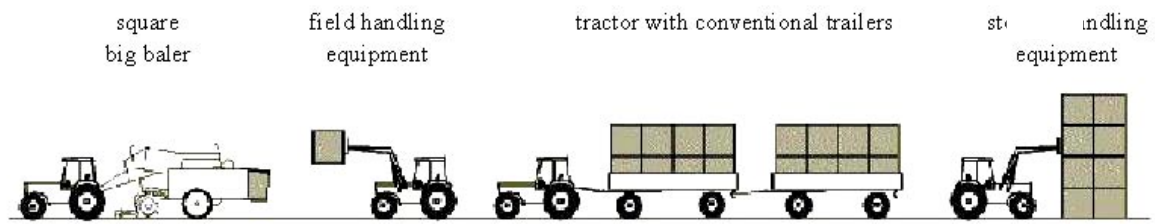


Abb.A 1: Transport von Quaderballen in logistischen Ketten

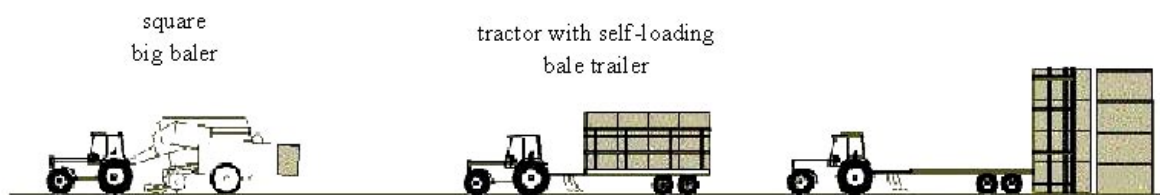


Abb.A 2: Ballensammelwagen im Ein- Mann- Verfahren



Abb.A 3: Der Untersuchungsbetrieb "Haffar and Hasshem Farm", Syrien





*Abb.A 4: Offenstall-Variante als Vorzugslösung in heißen Klimaten*

*Tabelle A 1: Rechenergebnisse von Maschinen im Einsatz der Futterstrohbereitstellung  
(nach Makost 2 für Window (KTBL))*

<b>100402 Balkenmähwerk, Heckenbau mech. 2,1 m</b>		
Anschaffungspreis	[DM]	4408
Restwert	[DM]	1
Zinssatz	[%]	8
Versicherung	[DM/Jahr]	0
Weitere Festkosten	[DM/Jahr]	0
Betriebsstoffe	[DM/Einheit]	0
Reparaturen	[DM/Einheit]	10
Nutzungsdauer	[Jahre]	4,69
Auslastungsschwelle	[Einheiten/Jahr]	62,5
jährliche Nutzung	[Einheiten/Jahr]	160
Verrechnungssatz	[DM/Einheit]	0
Kostendeckung bei..	[Einheiten/Jahr]	keine Angabe
Finanzierung		Eigenkapital
** Jahreskosten **		[DM/Jahr]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		940
Verzinsung, Eigenkapital		176
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		1116
Reparaturen		1600
Betriebsstoffe		
Summe veränderliche Kosten		1600
Gesamtkosten		2716
** Kosten je Einheit **		[DM/ha]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		5,88
Verzinsung		1,1
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		6,97
Reparaturen		10
Betriebsstoffe		0
Summe veränderliche Kosten		10
<b>Gesamtkosten</b>		<b>16,98</b>



<b>110901 Strohhäcksler , Schlepperanbau 1,5-1,8 m</b>		
Anschaffungspreis	[DM]	10880
Restwert	[DM]	1
Zinssatz	[%]	8
Versicherung	[DM/Jahr]	0
Weitere Festkosten	[DM/Jahr]	0
Betriebsstoffe	[DM/Einheit]	0
Reparaturen	[DM/Einheit]	18,56
Nutzungsdauer	[Jahre]	5
Auslastungsschwelle	[Einheiten/Jahr]	100
jährliche Nutzung	[Einheiten/Jahr]	160
Verrechnungssatz	[DM/Einheit]	0
Kostendeckung bei..	[Einheiten/Jahr]	keine Angabe
Finanzierung		Eigenkapital
** Jahreskosten **		[DM/Jahr]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		2176
Verzinsung, Eigenkapital		435
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		2611
Reparaturen		2970
Betriebsstoffe		
Summe veränderliche Kosten		2970
Gesamtkosten		5581
** Kosten je Einheit **		[DM/ha]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		13,6
Verzinsung		2,72
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		16,32
Reparaturen		18,56
Betriebsstoffe		0
Summe veränderliche Kosten		18,56
<b>Gesamtkosten</b>		<b>34,88</b>

<b>20101 Frontlader, vollhydraulisch, für 30 kW, 600 kg</b>		
Anschaffungspreis	[DM]	6264
Restwert	[DM]	1
Zinssatz	[%]	8
Versicherung	[DM/Jahr]	0
Weitere Festkosten	[DM/Jahr]	0
Betriebsstoffe	[DM/Einheit]	0
Reparaturen	[DM/Einheit]	1,16
Nutzungsdauer	[Jahre]	12
Auslastungsschwelle	[Einheiten/Jahr]	208,33
jährliche Nutzung	[Einheiten/Jahr]	160
Verrechnungssatz	[DM/Einheit]	0
Kostendeckung bei..	[Einheiten/Jahr]	keine Angabe
Finanzierung		Eigenkapital
** Jahreskosten **		[DM/Jahr]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		522
Verzinsung, Eigenkapital		251
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		773
Reparaturen		186
Betriebsstoffe		
Summe veränderliche Kosten		186
Gesamtkosten		959
** Kosten je Einheit **		[DM/h]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		3,26
Verzinsung		1,57
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		4,83
Reparaturen		1,16
Betriebsstoffe		0
Summe veränderliche Kosten		1,16
<b>Gesamtkosten</b>		<b>5,99</b>

<b>101621 Großpackenpresse, 80 x 50 cm</b>		
Anschaffungspreis	[DM]	79692
Restwert	[DM]	1
Zinssatz	[%]	8
Versicherung	[DM/Jahr]	0
Weitere Festkosten	[DM/Jahr]	0
Betriebsstoffe	[DM/Einheit]	2,44
Reparaturen	[DM/Einheit]	3,13
Nutzungsdauer	[Jahre]	8
Auslastungsschwelle	[Einheiten/Jahr]	3750
jährliche Nutzung	[Einheiten/Jahr]	2813
Verrechnungssatz	[DM/Einheit]	0
Kostendeckung bei..	[Einheiten/Jahr]	keine Angabe
Finanzierung		Eigenkapital
** Jahreskosten **		[DM/Jahr]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		9961
Verzinsung, Eigenkapital		3188
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		13149
Reparaturen		8805
Betriebsstoffe		6864
Summe veränderliche Kosten		15669
Gesamtkosten		28818
** Kosten je Einheit **		[DM/t]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		3,54
Verzinsung		1,13
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		4,67
Reparaturen		3,13
Betriebsstoffe		2,44
Summe veränderliche Kosten		5,57
<b>Gesamtkosten</b>		<b>10,24</b>

<b>101601 Hochdruckpresse, Leistung bei Heu 12 t/h</b>		
Anschaffungspreis	[DM]	21054
Restwert	[DM]	1
Zinssatz	[%]	8
Versicherung	[DM/Jahr]	0
Weitere Festkosten	[DM/Jahr]	0
Betriebsstoffe	[DM/Einheit]	4,87
Reparaturen	[DM/Einheit]	0,25
Nutzungsdauer	[Jahre]	12
Auslastungsschwelle	[Einheiten/Jahr]	500
jährliche Nutzung	[Einheiten/Jahr]	400
Verrechnungssatz	[DM/Einheit]	0
Kostendeckung bei..	[Einheiten/Jahr]	keine Angabe
Finanzierung		Eigenkapital
** Jahreskosten **		[DM/Jahr]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		1754
Verzinsung, Eigenkapital		842
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		2596
Reparaturen		100
Betriebsstoffe		1948
Summe veränderliche Kosten		2048
Gesamtkosten		4644
** Kosten je Einheit **		[DM/t]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		4,39
Verzinsung		2,11
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		6,49
Reparaturen		0,25
Betriebsstoffe		4,87
Summe veränderliche Kosten		5,12
<b>Gesamtkosten</b>		<b>11,61</b>

<b>10104 Hinterradschlepper, 34- 40 kW (46- 55 PS)</b>		
Anschaffungspreis	[DM]	41760
Restwert	[DM]	1
Zinssatz	[%]	8
Versicherung	[DM/Jahr]	229
Weitere Festkosten	[DM/Jahr]	0
Betriebsstoffe	[DM/Einheit]	3,5
Reparaturen	[DM/Einheit]	6,67
Nutzungsdauer	[Jahre]	12
Auslastungsschwelle	[Einheiten/Jahr]	833,33
jährliche Nutzung	[Einheiten/Jahr]	625
Verrechnungssatz	[DM/Einheit]	0
Kostendeckung bei..	[Einheiten/Jahr]	keine Angabe
Finanzierung		Eigenkapital
** Jahreskosten **		[DM/Jahr]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		3480
Verzinsung, Eigenkapital		1670
Versicherung		229
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		5379
Reparaturen		4169
Betriebsstoffe		2188
Summe veränderliche Kosten		6357
Gesamtkosten		11736
** Kosten je Einheit **		[DM/h]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		5,57
Verzinsung		2,67
Versicherung		0,37
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		8,61
Reparaturen		6,67
Betriebsstoffe		3,5
Summe veränderliche Kosten		10,17
<b>Gesamtkosten</b>		<b>18,78</b>

<b>10107 Hinterradschlepper, &gt; 57 kW (&gt; 76 PS)</b>		
Anschaffungspreis	[DM]	62640
Restwert	[DM]	1
Zinssatz	[%]	8
Versicherung	[DM/Jahr]	425
Weitere Festkosten	[DM/Jahr]	0
Betriebsstoffe	[DM/Einheit]	6,44
Reparaturen	[DM/Einheit]	9,28
Nutzungsdauer	[Jahre]	12
Auslastungsschwelle	[Einheiten/Jahr]	833,33
jährliche Nutzung	[Einheiten/Jahr]	625
Verrechnungssatz	[DM/Einheit]	0
Kostendeckung bei..	[Einheiten/Jahr]	keine Angabe
Finanzierung		Eigenkapital
** Jahreskosten **		[DM/Jahr]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		5220
Verzinsung, Eigenkapital		2506
Versicherung		425
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		8151
Reparaturen		5800
Betriebsstoffe		4025
Summe veränderliche Kosten		9825
Gesamtkosten		17976
** Kosten je Einheit **		[DM/h]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		8,35
Verzinsung		4,01
Versicherung		0,68
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		13,04
Reparaturen		9,28
Betriebsstoffe		6,44
Summe veränderliche Kosten		15,72
<b>Gesamtkosten</b>		<b>28,76</b>

<b>50505 Dreiseitenkipper bis 25 km/h, einachsige, 8 t (60 dt)</b>		
Anschaffungspreis	[DM]	12412
Restwert	[DM]	1
Zinssatz	[%]	8
Versicherung	[DM/Jahr]	0
Weitere Festkosten	[DM/Jahr]	0
Betriebsstoffe	[DM/Einheit]	0
Reparaturen	[DM/Einheit]	0,3
Nutzungsdauer	[Jahre]	15
Auslastungsschwelle	[Einheiten/Jahr]	1600
jährliche Nutzung	[Einheiten/Jahr]	1200
Verrechnungssatz	[DM/Einheit]	0
Kostendeckung bei..	[Einheiten/Jahr]	keine Angabe
Finanzierung		Eigenkapital
** Jahreskosten **		[DM/Jahr]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		827
Verzinsung, Eigenkapital		497
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		1324
Reparaturen		360
Betriebsstoffe		
Summe veränderliche Kosten		360
Gesamtkosten		1684
** Kosten je Einheit **		[DM/t]
Abschreibung (oder Kapitaldienst)		0,69
Verzinsung		0,41
Versicherung		0
weitere Festkosten		0
Summe Festkosten		1,1
Reparaturen		0,3
Betriebsstoffe		0
Summe veränderliche Kosten		0,3
<b>Gesamtkosten</b>		<b>1,4</b>

Tabelle A 2: Ermittlung der Transportleistung bei unter Berücksichtigung von 80 km/h

Dichte kg/m <sup>3</sup>	Volumen von 400 t m <sup>3</sup>	TE n. Volumen Anzahl	Belade- masse t/TE (n. Volumen)	Auslastungs- grad	Transport- arbeitsmenge tkm	80 km/h Transport- kapazität tkm/h
80	5000	50	8,0	0,20	320000	556,5
100	4000	40	10,0	0,25	320000	695,7
120	3333	33	12,0	0,30	320000	834,8
140	2857	29	14,0	0,35	320000	973,9
160	2500	25	16,0	0,40	320000	1113,0
180	2222	22	18,0	0,45	320000	1252,2
200	2000	20	20,0	0,50	320000	1391,3
400	1000	10	40,0	1,00	320000	2782,6
600	667	10	40,0	1,00	320000	2782,6

Tabelle A 3: Grundlage der Rationsberechnung für Milchkühe

- LM = 650 kg
- TS-Aufnahme = 2,4-3 kg/LM
- Eiweißgehalt = 3,5%
- Fettgehalt = 4%

						Trockenstehende Kühe		
						8.-3. Wo.	letzte 3 Wo.	
						VA		
Höhe der Milchleistung:		30	25	20	15	10	5-7	20
TS (kg/d)	>	20	18,0	17,0	15,0	14,0	10,0	17,0
Org. Subst.(kg/d)	>	18	16,5	15,3	13,5	12,2	7,0	15,3
Rohasche (kg/d)	<	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,2
Rohprotein (% TS)	>	16	15,0	15,0	14,0	13,0	20,0	15,0
Rohfett (%TS)	<	5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Rohfaser (%TS)	<	24	24,0	25,0	26,5	28,0	30,0	25,0
NfE (%TS)	>	50	50,0	50,0	45,0	45,0	40,0	50,0
NEL (MJ/kg TS)		132	117,0	101,0	85,3	69	55,0	101,0
EK (MJ)		6,6	6,5	5,9	5,7	5,0	4,5	5,9

Quelle: DLG; 7. Auflage; 1997

Kirchgeßner Tierernährung; 1997

Verband Deutscher Oelmühlen e. V.; 300 Futterrationen für Milchkühen



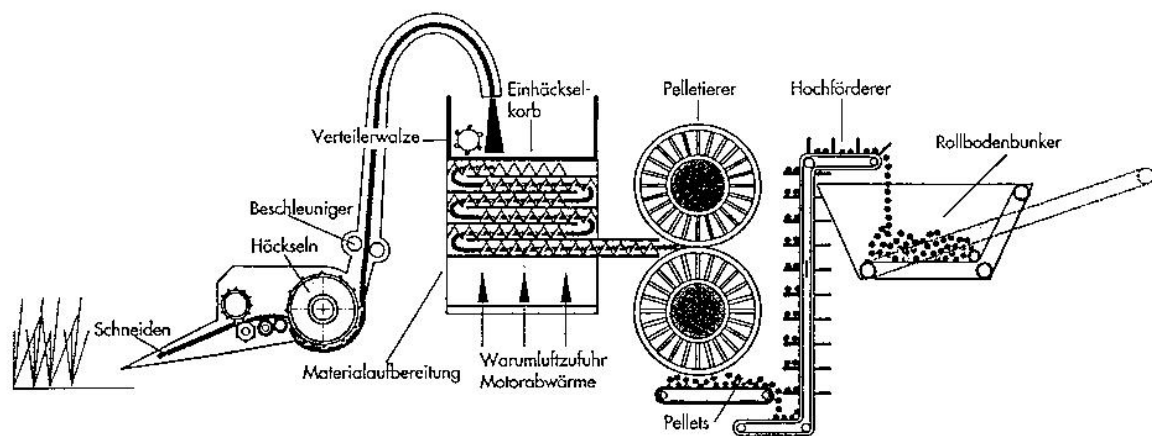


Abb.A 5: Mobile Pelletiermaschine "Biotruck 2000" (Gesamtbild und Prinzipskizze), nach Haimar



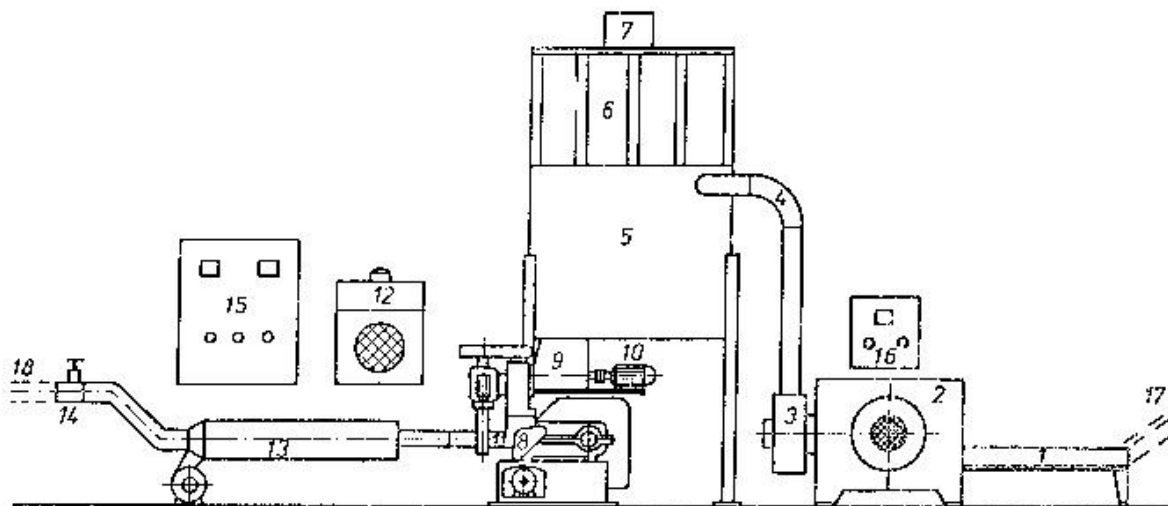
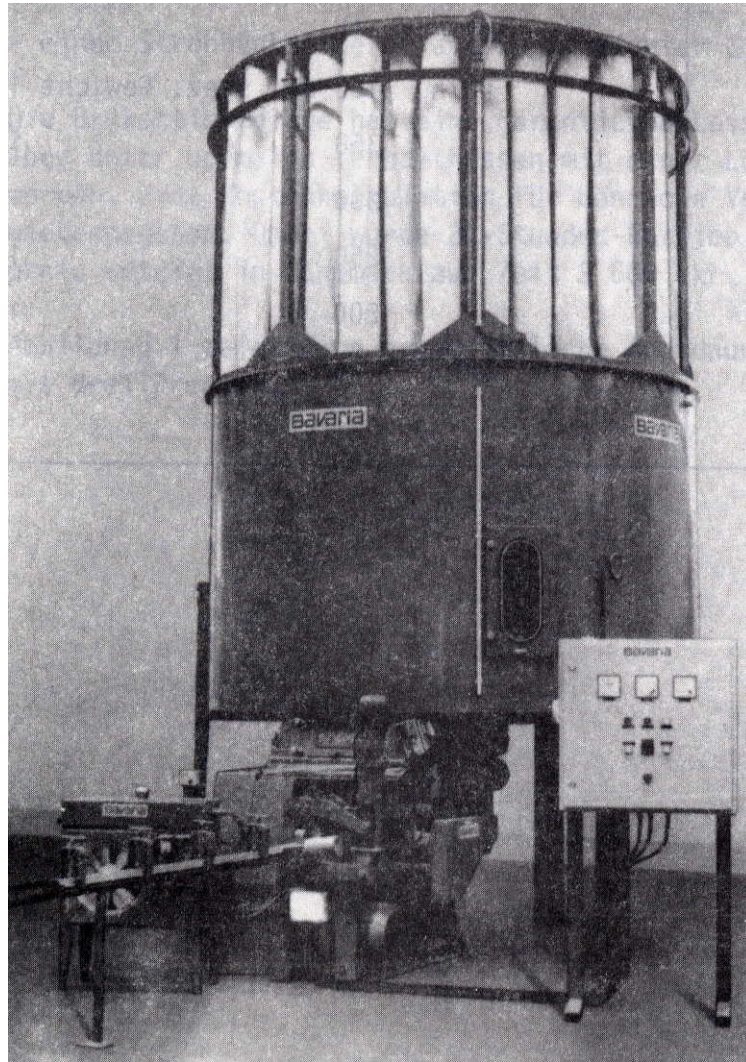


Abb. 6: Strohbrickettieranlage "Bavaria" (Gesamtansicht und Prinzipskizze), nach Eggert, 1983

## *SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG*

Hiermit erkläre ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und nur unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Berlin, 10. 10. 2000

Mulaw Gebreselassie

## *DANKSAGUNG*

Es ist mir eine angenehme Aufgabe, mich bei all denen zu bedanken, die zum Zustandekommen dieser Arbeit beigetragen haben.

An erster Stelle möchte ich dabei meinen Lehrer und Betreuer Prof. Dr. sc. Otto Kaufmann nennen, der mich durch seine fachlichen und konzeptionellen Hinweise, seine wissenschaftliche Erfahrung und seine Persönlichkeit stark motiviert hat.

Der Landwirtschaftlichen Fakultät der Damaskus-Universität, insbesondere Prof. Dr. Samouil Moussa, danke ich für ihre zuverlässige Betreuung während der Untersuchungen in Syrien, und ich danke den Kollegen des Pflanzen- und Milchproduktionsbetriebes „Haffar and Hasshem Farm“ sowie der Versuchsstation der Fakultät „Karavo“ für die umfangreiche Unterstützung bei der Durchführung meiner praktischen Erhebungen und Analysen.

Ich danke Prof. Dr. Jürgen Hahn und Dr. Uwe Streßmann, die mich durch anregende Diskussionen - insbesondere auf dem Gebiet der Logistik - und durch viele praktische Hinweise unterstützt haben.

Für die Durchführung der Futtermittelanalysen danke ich den Kollegen des Fachgebietes Tierernährung der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin. Mein besonderer Dank gilt Dr. Lutz Hasselmann für die langjährige Zusammenarbeit und seine freundliche Betreuung.

Bei der Recherche und Bereitstellung der Literatur wurde mir die größtmögliche Unterstützung von Frau Ortrud Lehmann zuteil, wofür ich ihr recht herzlich danke.

Frau Dipl.- Ing. agr. Christina Umstätter, Frau Tierärztin Solveig Pallas, Herrn Wolf Müller und Herrn Dozent Dr.-Ing. Thomas Lüpfer sei insbesondere für ihre sprachlichen und stilistischen Hinweise beim Verfassen der Arbeit herzlicher Dank ausgesprochen, ebenso wie Frau Gudrun Wille, die durch ihren außergewöhnlichen Einsatz zu einem frist- und qualitätsgerechten Abschluß der Schrift beigetragen hat.

Für die Förderung dieser Arbeit danke ich der FAZIT-Stiftung Gemeinnützige Verlagsgesellschaft mbH.

## VERÖFFENTLICHUNGEN UND VORTRÄGE

11. - 12. 12. 1997      Tropentag 1997, Stuttgart-Hohenheim (Technischer Fortschritt im Spannungsfeld von Ernährungssicherung und Ressourcenschutz), Band 2 S. 7-11  
Thema: Optimierung von Fütterungsverfahren für Milchkühe in ariden und semiariden Gebieten bei standortferner Futtererzeugung
4. - 6. 10. 1999      International Workshop CIGR, Gießen (Agricultural Transport) S. 110-123  
Thema: Optimierung von Fütterungsverfahren für Milchkühe in ariden und semiariden Gebieten bei standortferner Futtererzeugung
- FREMDSPRACHEN: Englisch (sehr gut)  
Deutsch (sehr gut)  
Arabisch (gut)

Berlin, den 10. 10. 2000

Mulaw Gebreselassie